

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-105203

(43)Date of publication of application : 11.04.2000

(51)Int.Cl.

G01N 21/956  
G01B 11/30  
H01L 21/66

(21)Application number : 11-206078

(71)Applicant : HITACHI LTD

HITACHI ELECTRONICS ENG CO  
LTD

(22)Date of filing : 21.07.1999

(72)Inventor : NOGUCHI MINORU

OSHIMA YOSHIMASA  
NISHIYAMA HIDETOSHI  
MATSUMOTO SHUNICHI  
KENBO YUKIO  
MATSUNAGA RYOJI  
SAKAI SHIGETOSHI  
NINOMIYA TAKANORI  
WATANABE TETSUYA  
NAKAMURA HISATO  
JINGU TAKAHIRO  
MORISHIGE YOSHIO  
CHIKAMATSU SHUICHI

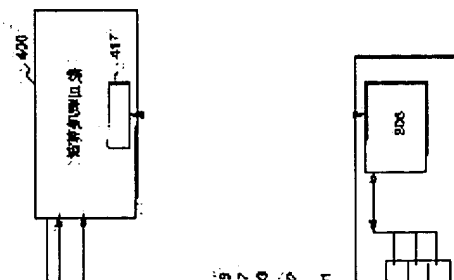
(30)Priority

Priority number : 10213056    Priority date : 28.07.1998    Priority country : JP

(54) DEFECT INSPECTING DEVICE AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly and precisely inspect a defect such as a very small contaminant by calculating dispersion based on signals in a portion with the same circuit patterns formed or in its vicinity, and by



BEST AVAILABLE COPY

extracting a signal indicating the defect such as the very small contaminant out of detected signals based on a threshold set on the basis of a result calculated hereinbefore.

SOLUTION: An illumination optical system 100 having a laser beam 101, lenses 102-104, a beam splitter and the like has a predribed inclination with respect to a main straight line group of a circuit pattern, and an inspected objective substrate 1 is irradiated substantially orthogonally to a traveling direction of a substrate mounting table 304 for mounting the objective substrate 1. An inspecting optical system 200 detects reflected scattered light provided by a defect such as a contaminant existing on the substrate 1, using image sensors 205, 206 through lenses 201, 203 and a beam aplitter 204, to feed signals to a processing circuit 400. A threshold as a determination reference is set in a defect determining process in the circuit 400 based on a dispersion of the resulting signals, and the signal indicating the defect such as the contaminant is extracted, based on the set threshold.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3566589

[Date of registration] 18.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-105203

(P2000-105203A)

(43) 公開日 平成12年4月11日 (2000.4.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	B
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	A
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J

審査請求 未請求 請求項の数40 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願平11-206078

(22) 出願日 平成11年7月21日 (1999.7.21)

(31) 優先権主張番号 特願平10-213056

(32) 優先日 平成10年7月28日 (1998.7.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000233480

日立電子エンジニアリング株式会社

東京都渋谷区東3丁目16番3号

(72) 発明者 野口 稔

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

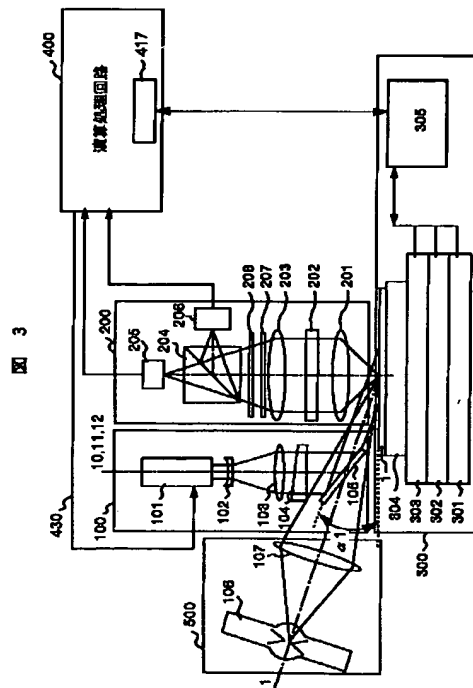
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】基板上にパターンを形成し対象物を製作して行く製造工程で発生する異物等の欠陥を検出する際に、パターンからの回折光を低減するために回折光が入らない方向から直線上の高効率照明を実現し、パターンによる信号のぼらつきに応じてしきい値を設定することにより、検出感度およびスループットを向上する欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。

【解決手段】本発明では、パターンからの散乱光を低減する方向から照明する高効率照明光学系により、信号のぼらつきの原因であるパターンからの散乱光を低減し、さらに、チップ内の領域毎に算出した信号のぼらつきをもとにしきい値を設定する手段により、検出しきい値を低減し、検出感度の向上およびスループットの向上を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームを、回路パターンが形成された被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾きを有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾きを有し、長手方向が前記被検査対象基板を載置して走行させるステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明過程と、

該照明過程で照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出過程と、  
該検出過程で検出された信号に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する欠陥判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項2】前記検出過程において、被検査対象基板上に存在する回路パターンの少なくとも繰り返しパターンからの回折光パターンを空間フィルタによって遮光することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項3】前記欠陥判定過程において、本来同一の回路パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出によって得られる信号に基にしてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて設定される判定基準を基に前記検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする請求項1または2記載の欠陥検査方法。

【請求項4】前記欠陥判定過程において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする請求項1または2記載の欠陥検査方法。

【請求項5】前記照明過程において、スリット状ビームの回路パターンの主要な直線群に対する平面上の傾きが45度程度であることを特徴とする請求項1または2または3または4記載の欠陥検査方法。

【請求項6】回路パターンが形成された被検査対象基板を載置して走行させるステージと、  
光源から出射されるビームを、長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームにして、前記被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾きを有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾きを有し、長手方向が前記ステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明光学系と、  
該照明光学系によってスリット状ビームが照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、  
該検出光学系のイメージセンサから検出された信号に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項7】前記画像処理部において、本来同一の回路

パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出光学系のイメージセンサから検出によって得られる信号に基にしてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系のイメージセンサから検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出する抽出手段とを有することを特徴とする請求項6記載の欠陥検査装置。

【請求項8】前記画像処理部において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する手段を有することを特徴とする請求項6記載の欠陥検査装置。

【請求項9】前記検出光学系において、光軸が、被検査対象基板に対してほぼ垂直であることを特徴とする請求項6記載の欠陥検査装置。

【請求項10】前記照明光学系において、光源がレーザ光源であることを特徴とする請求項6または7または8または9記載の欠陥検査装置。

【請求項11】前記照明光学系において、円錐表面に近似する形状の絞る光学要素を有することを特徴とする請求項6または7または8または9または10記載の欠陥検査装置。

【請求項12】前記照明光学系において、更に、白色光を法線に対して傾けた方向から照明する光学系を備えたことを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11記載の欠陥検査装置。

【請求項13】前記検出光学系において、空間フィルタを備えたことを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11または12記載の欠陥検査装置。

【請求項14】前記検出光学系におけるイメージセンサをTDIセンサで構成することを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11または12または13記載の欠陥検査装置。

【請求項15】前記検出光学系において、光軸を被検査対象基板の法線に対して傾けたことを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11または13または14記載の欠陥検査装置。

【請求項16】被検査対象物の表面に対して法線方向からある傾きを持って光を照明し、被検査対象物の表面内の少なくとも一方向に照明光束を絞るための円錐表面に近似した形状の光学要素を有する照明光学系と、  
前記被検査対象物から反射する光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、  
該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項17】被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

生み出された電荷を蓄積する手段と蓄積した電荷がある



一定量を越えた際に該一定量を越えた電荷を流し出す電流経路と該一定量までの範囲の蓄積された電荷を読み出す手段とで構成されるイメージセンサを有し、前記被検査対象物から反射する光を、前記イメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項18】前記検出光学系において、被検査対象物からの反射光束を分岐し、該分岐される一つの反射光束の強度を他の一つの反射光束の強度の概ね1/100にする分岐光学系と、該分岐光学系で分岐された各反射光束の受光する複数のイメージセンサとを有することを特徴とする請求項16または17記載の欠陥検査装置。

【請求項19】被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

前記被検査対象物の表面に形成されたパターンからの散乱光を遮光するようにほぼ平行に設置された線状の複数の遮光手段を有し、光軸が前記被検査対象物の表面の法線方向からある一定角度の傾きを有し、前記被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項20】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系から検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する対応画素またはその近傍の画素について画像信号のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項21】前記画像処理部には、前記画像信号のばらつきに対する前記判定基準の倍率を設定する設定手段を有することを特徴とする請求項20記載の欠陥検査装置。

【請求項22】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系から検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する画素についての画像信号の差分値を算出する差分値算出手段と異物等の欠陥の存在を判定する画素に近隣する複数の画素における前記差分値算出手段

で算出された差分値のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項23】前記画像処理部には、前記判定手段で判定された欠陥の検査結果と前記判定基準設定手段で設定された判定基準に対応するデータとを出力する出力手段を有することを特徴とする請求項20または21または22記載の欠陥検査装置。

【請求項24】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準についての同一形状の構造物に対するマップ情報もしくは画像を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項25】前記画像処理部には、エリア優先モード、標準モード、および感度優先モードに応じて前記判定基準を設定可能な手段を有することを特徴とする請求項24記載の欠陥検査装置。

【請求項26】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準とそれに対応する検査面積に関する指標との関係を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項27】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、

該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準に対応した同一形状の構造物に対する感度情報を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項28】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

10

20

30

40

50

被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、判定基準を、前記同一形状の構造物における下地の状態に対応させて変えて設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段によって設定された判定基準を基に、前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項29】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、欠陥のサイズを指定する指定手段と該指定手段によって指定された欠陥のサイズに応じて判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段によって設定された判定基準を基に、前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項30】複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、欠陥のサイズを指定する指定手段と該指定手段された欠陥のサイズに応じて前記照明光学系で照明される照明光のパワーを制御する制御系とを有し、前記検出光学系から検出される画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項31】ステージ上に載置され、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と前記被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系とを有する撮像光学系と、該撮像光学系の検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段を有する画像処理部と、

更に、前記被検査対象物上の光学像を観察するために前記撮像光学系と並設された光学顕微鏡とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項32】前記光学顕微鏡を紫外線光学顕微鏡で構成することを特徴とする請求項31記載の欠陥検査装置。

【請求項33】被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出した信号を処理して欠陥検査を行な

い、この欠陥検査結果を欠陥の存在するパターン情報を含めて出力する手段を有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項34】前記画像処理部の手段において、出力されるパターン情報が、構造物の設計データから得られた情報であることを特徴とする請求項33記載の欠陥検査装置。

【請求項35】被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、

被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出した信号を処理して欠陥の信号レベルを抽出し、この抽出された欠陥の信号レベルを欠陥の大きさを示すように補正し、この補正された欠陥の信号レベルを出力する手段を有する画像処理部とを備えた欠陥検査装置。

【請求項36】前記手段において、欠陥の信号レベルの補正を、照明強度、または構造物表面の反射率のデータに基いて行なうことを特徴とする請求項35記載の欠陥検査装置。

【請求項37】前記照明光学系において、前記スリット状ビーム光束として、前記光源から出射されるビームを、前記被検査対象基板上における検出領域に対して、該検出領域の光軸から周辺部までの長さをほぼ標準偏差とするガウス分布となる照度分布を有するように整形してスリット状ガウスビーム光束を得る光学系を有することを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11または12または13または14または15記載の欠陥検査装置。

【請求項38】前記照明光学系において、前記スリット状ビーム光束として、前記光源から出射されるビームを、前記被検査対象基板上における検出領域に対して、該検出領域の中心部の照度に対する検出領域の周辺部の照度の比が0.46～0.73程度になるように前記検出領域の光軸を中心とする周辺部間の長さに径もしくは長軸長さを適合させて整形してスリット状ガウスビーム光束を得る光学系を有することを特徴とする請求項6または7または8または9または10または11または12または13または14または15記載の欠陥検査装置。

【請求項39】前記照明光学系で照明されるスリット状ガウスビーム光束が、DUVビーム光束であることを特徴とする請求項37または38記載の欠陥検査装置。

【請求項40】前記検出光学系におけるイメージセンサをTDIイメージセンサで構成することを特徴とする請求項37または38または39記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造工程、液晶表示素子製造工程プリント基板製造工程等、基板上

にパターンを形成して対象物を製作していく製造工程で、発生する異物等の欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物等の欠陥の発生状況を検査する欠陥検査装置およびその方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来の半導体製造工程では、半導体基板（ウエハ）上に異物が存在すると配線の絶縁不良や短絡などの不良原因になり、さらに半導体素子が、微細化して半導体基板中に微細な異物が存在した場合にこの異物が、キャパシタの絶縁不良やゲート酸化膜などの破壊の原因にもなる。これらの異物は、搬送装置の可動部から発生するものや、人体から発生するもの、プロセスガスによる処理装置内で反応生成されたもの、薬品や材料に混入していたものなど種々の原因により種々の状態で混入される。同様の液晶表示素子製造工程でも、パターン上に異物が混入したり、何らかの欠陥が生じると、表示素子として使えないものになってしまう。プリント基板の製造工程でも状況は同じであって、異物の混入はパターンの短絡、不良接続の原因に成る。従来のこの種の半導体基板上の異物を検出する技術の1つとして、特開昭62-89336号公報（従来技術1）に記載されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、直前に検査した同一品種半導体基板の検査結果と比較することにより、パターンによる虚報を無くし、高感度かつ高信頼度な異物及び欠陥検査を可能にするものがある。また、特開昭63-135848号公報（従来技術2）に開示されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、この検出した異物をレーザフォトルミネッセンスあるいは2次X線分析（XMR）などの分析技術で分析するものがある。

【0003】また、上記異物を検査する技術として、ウエハにコヒーレント光を照射してウエハ上の繰り返しパターンから射出する光を空間フィルタで除去し繰り返し性を持たない異物や欠陥を強調して検出する方法が知られている。また、ウエハ上に形成された回路パターンに対して該回路パターンの主要な直線群に対して45度傾けた方向から照射して主要な直線群からの0次回折光を対物レンズの開口内に入力させないようにした異物検査装置が、特開平1-117024号公報（従来技術3）において知られている。この従来技術3においては、主要な直線群ではない他の直線群を空間フィルタで遮光することについても記載されている。また、異物等の欠陥検査装置およびその方法に関する従来技術としては、特開平1-250847号公報（従来技術4）、特開平6-258239号公報（従来技術5）、特開平6-324003号公報（従来技術6）、特開平8-210989号公報（従来技術7）、および特開平8-271437号公報（従来技術8）が知られている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術1〜8では、繰り返しパターンや非繰り返しパターンが混在する基板上の微細な異物等の欠陥を、高感度で、且つ高速で検出することは容易にできなかった。即ち、上記従来技術1〜8では、たとえばメモリのセル部等の繰り返し部分以外の部分では、検出感度（最小検出異物寸法）が著しく落ちるという課題があった。また、上記従来技術1〜8では、照明光を透過するような酸化膜上では、感度が著しく落ちる等の課題があった。また、上記従来技術1〜8では、微細な異物等の欠陥を検出できないと言う課題があった。

【0005】また、上記従来技術1〜8では、半導体製造工程の量産立上げ時と量産ラインとが区別されておらず、量産立上げ作業で使用した検査装置がそのまま量産ラインでも適用されており、量産ラインでは異物発生をいち早く感知し対策を施す必要がある。ところが従来の欠陥検査装置は装置規模が大きく、独立して設置せざるおえない構成であったため、製造ラインで処理した半導体基板、液晶表示素子基板およびプリント基板を検査装置の箇所に持ち込んで異物および欠陥の検査をするものであった。したがって、これら基板の搬送、異物および欠陥の検査に時間を要し、全数の検査が難しかったり、抜き取り検査であっても十分な検査頻度を得ることは難しかった。また、このような構成には人手が必要であった。

【0006】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、繰り返しパターンと非繰り返しパターンとパターンなしとが混在する被検査対象基板に対して、微小な異物等の欠陥を高速で、しかも高精度に検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、全数の検査、十分な検査頻度の抜き取り検査実現し、高効率の基板製造ラインを構築できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。また、本発明の更なる他の目的は、通常の安価な光源、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、0.1μm程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。また、本発明の更なる他の目的は、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、しかも検出光学系において光軸から離れるに従ってMTFが低下するに従って被検査対象基板上の検出領域の周辺部における照度不足を解消し、0.1μm程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。

【0007】また、本発明の更なる他の目的は、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域に合わせて判定基準であるしきい値レベルを最適な感

度に設定して虚報を著しく増加させることなく、真の異物等の欠陥を検査できる欠陥検査装置を提供することにある。また、本発明の更なる他の目的は、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において検出したい異物等の欠陥サイズに合わせて判定基準であるしきい値レベルを設定して検出したいサイズの異物等の欠陥を検査することができる欠陥検査装置を提供することにある。また、本発明の更なる他の目的は、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において存在する異物等の欠陥のサイズを推定できるようにして異物等の欠陥を検査することができる欠陥検査装置を提供することにある。

【0008】また、本発明の更なる他の目的は、半導体基板を高効率で、歩留まりよく製造できるようにした半導体基板の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームを、回路パターンが形成された被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾き ( $\pi/2 - \alpha$ ) を有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾き  $\phi$  を有し、長手方向が前記被検査対象基板を載置して走行させるステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明過程と、該照明過程で照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出過程と、該検出過程で検出された信号に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する欠陥判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。また、本発明は、前記欠陥検査方法における検出過程において、被検査対象基板上に存在する回路パターンの少なくとも繰り返しパターンからの回折光パターンを空間フィルタによって遮光することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法における欠陥判定過程において、本来同一の回路パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出によって得られる信号に基づいてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて設定される判定基準 (しきい値) を基に前記検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法における欠陥判定過程において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準 (しきい値) に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法における照明過程において、スリット状ビームの回路パターンの主要な直線群に対する平面上の傾き  $\phi$  が45度程度であることを特徴とする。

【0010】また、本発明は、回路パターンが形成された被検査対象基板を載置して走行させるステージと、光源から出射されるビームを、長手方向にはほぼ平行光か

らなるスリット状ビームにして、前記被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾き ( $\pi/2 - \alpha$ ) を有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾き  $\phi$  を有し、長手方向が前記ステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明光学系と、該照明光学系によってスリット状ビームが照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系のイメージセンサから検出された信号に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部において、本来同一の回路パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出光学系のイメージセンサから検出によって得られる信号に基づいてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて判定基準 (しきい値) を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系のイメージセンサから検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出する抽出手段とを有することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する手段を有することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、光軸が、被検査対象基板に対してほぼ垂直であることを特徴とする。

【0011】また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、光源がレーザ光源であることを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、円錐表面に近似する形状の絞る光学要素を有することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、更に、白色光を法線に対して傾けた方向から照明する光学系を備えたことを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、空間フィルタを備えたことを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置において、検出光学系におけるイメージセンサをTDIセンサで構成することを特徴とする。また、本発明は、前記TDIセンサがアンチブルーミングタイプであることを特徴とする。

【0012】また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、光軸を被検査対象基板の法線に対して傾けたことを特徴とする。また、本発明は、被検査対象物の表面に対して法線方向からある傾きを持って光を照明し、被検査対象物の表面内の少なくとも一方向に照明光束を絞るための円錐表面に近似した形状の光学要素を有する照明光学系と、前記被検査対象物から反射する光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処

理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、生み出された電荷を蓄積する手段と蓄積した電荷がある一定量を越えた際に該一定量を越えた電荷を流し出す電流経路と該一定量までの範囲の蓄積された電荷を読み出す手段とで構成されるイメージセンサを有し、前記被検査対象物から反射する光を、前記イメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

【0013】また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、被検査対象物からの反射光束を分岐し、該分岐される一つの反射光束の強度を他の一つの反射光束の強度の概ね $1/100$ にする分岐光学系と、該分岐光学系で分岐された各反射光束の受光する複数のイメージセンサとを有することを特徴とする。また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、前記被検査対象物の表面に形成されたパターンからの散乱光を遮光するようにほぼ平行に設置された線状の複数の遮光手段を有し、光軸が前記被検査対象物の表面の法線方向からある一定角度の傾きを有し、前記被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する対応画素またはその近傍の画素について画像信号のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準（しきい値）を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

【0014】また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部には、前記画像信号のばらつきに対する前記判定基準の倍率を設定する設定手段を有することを特徴とする。また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する画素についての画像信号の差分値を算出する差分値算出手段と異物等の欠陥の存在を判定する画素に近隣する複数の画素における前記差分値算

出手段で算出された差分値のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部には、前記判定手段で判定された欠陥の検査結果と前記判定基準設定手段で設定された判定基準に対応するデータとを出力する出力手段を有することを特徴とする。

【0015】また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準についての同一形状の構造物に対するマップ情報もしくは画像を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部には、エリア優先モード、標準モード、および感度優先モードに応じて前記判定基準を設定可能な手段を有することを特徴とする。また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準とそれに対応する検査面積に関する指標との関係を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

【0016】また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段と該判定手段において判定される判定基準に対応した同一形状の構造物に対する感度情報を表示する表示手段とを有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、判定基準を、前記同一形状の構造物における下地の状態に対応させて変えて設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段によって設定された判定基準を基に、

前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、欠陥のサイズを指定する指定手段と該指定手段によって指定された欠陥のサイズに応じて判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段によ

って設定された判定基準を基に、前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。  
【0017】また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、欠陥のサイズを指定する指定手段と該指定手段によって指定された欠陥のサイズに応じて前記照明光学系で照明される照明光のパワーを制御する制御系とを有し、前記検出光学系から検出される画像信号に対して処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、ステージ上に載置され、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と前記被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系とを有する撮像光学系と、該撮像光学系の検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段を有する画像処理部と、更に、前記被検査対象物上の光学像を観察するために前記撮像光学系と並設された光学顕微鏡とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

【0018】また、本発明は、前記欠陥検査装置における光学顕微鏡を紫外線光学顕微鏡で構成することを特徴とする。また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出した信号を処理して欠陥検査を行ない、この欠陥検査結果を欠陥の存在するパターン情報を含めて出力する手段を有する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部の手段において、出力されるパターン情報が、構造物の設計データから得られた情報であることを特徴とする。また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出した信号を処理して欠陥の信号レベルを抽出し、この抽出された欠陥の信号レベル

を欠陥の大きさを示すように補正し、この補正された欠陥の信号レベルを出力する手段を有する画像処理部とを備えた欠陥検査装置である。

【0019】また、本発明は、前記欠陥検査装置における手段において、欠陥の信号レベルの補正を、照明強度、または構造物表面の反射率のデータに基づいて行なうことを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、前記スリット状ビーム光束として、前記光源から出射されるビームを、前記被検査対象基板上における検出領域に対して、該検出領域の光軸から周辺部までの長さをほぼ標準偏差とするガウス分布となる照度分布を有するように整形してスリット状ガウスビーム光束を得る光学系を有することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、前記スリット状ビーム光束として、前記光源から出射されるビームを、前記被検査対象基板上における検出領域に対して、該検出領域の中心部の照度に対する検出領域の周辺部の照度の比が0.46~0.73程度になるように前記検出領域の光軸を中心とする周辺部間の長さに径もしくは長軸長さを適合させて整形してスリット状ガウスビーム光束を得る光学系を有することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系で照明されるスリット状ガウスビーム光束が、DUVビーム光束であることを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査装置において、検出光学系におけるイメージセンサをTDIイメージセンサで構成することを特徴とする。

【0020】以上説明したように、前記構成によれば、繰り返しパターンと非繰り返しパターンとパターンなしとが混在する被検査対象基板に対して、微小な異物等の欠陥を高速で、しかも高精度に検査することができる。また、前記構成によれば、通常の安価な光源、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、0.1 $\mu$ m程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査することができる。また、前記構成によれば、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、しかも検出光学系において光軸から離れるに従ってMTFが低下するに従って被検査対象基板上の検出領域の周辺部における照度不足を解消し、0.1 $\mu$ m程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。また、前記構成によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域に合わせて判定基準であるしきい値レベルを最適な感度に設定して虚報を著しく増加させることなく、真の異物等の欠陥を検査することができる。

【0021】また、前記構成によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において検出したい異物等の欠陥サイズに合わせて判定基準で

あるしきい値レベルを設定して検出したいサイズの異物等の欠陥を検査することができる。また、前記構成によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において存在する異物等の欠陥のサイズを推定できるようにして異物等の欠陥を検査することができる。また、前記構成によれば、全数の検査、十分な検査頻度の抜き取り検査実現し、高効率の基板製造ラインを構築することができる。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】本発明に係る実施の形態を図を用いて説明する。まず、本発明に係る異物等の欠陥を検査する被検査対象物1について図1および図2を用いて説明する。異物等の欠陥を検査する被検査対象物1としては、図1に示すように、メモリLSIからなるチップ1aを所定の間隔で2次元に配列した半導体ウエハ1aがある。そして、メモリLSIからなるチップ1aには、主としてメモリセル領域1abと、デコードやコントロール回路等からなる周辺回路領域1acと、その他の領域1adとが形成されている。メモリセル領域1abは、最小線幅が例えば0.1~0.3 $\mu$ m程度のメモリセルパターンを2次元に規則的に配列して（繰り返して）形成している。しかしながら、周辺回路領域1acは、最小線幅が例えば0.2~0.4 $\mu$ m程度のパターンを2次元的に規則的に配列されていない非繰返しパターンで形成されている。また、その他の領域としては、例えば、ボンディングエリア領域（最小線幅が例えば10 $\mu$ mオーダー程度で、パターンなしに近い）がある。

【0023】異物等の欠陥を検査する被検査対象物1としては、図2に示すように、マイコン等のLSIからなるチップ1bを所定の間隔で2次元に配列した半導体ウエハ1bがある。そして、マイコン等のLSIからなるチップ1bは、主としてレジスタ群領域1bbと、メモリ部領域1bcと、CPUコア部領域1bdと、入出力部領域1beとで形成されている。なお、図2は、メモリ部領域1bcと、CPUコア部領域1bdと、入出力部領域1beとの配列を概念的に示したものである。レジスタ群領域1bbおよびメモリ部領域1bcは、最小線幅が0.1~0.3 $\mu$ m程度のパターンを2次元に規則的に配列して（繰り返して）形成している。CPUコア部領域1bdおよび入出力部領域1beは、最小線幅が0.1~0.3 $\mu$ m程度のパターンを非繰返しで形成している。このように、異物等の欠陥を検査する被検査対象物1は、半導体ウエハを対象としても、チップは規則的に配列されているが、チップ内においては、最小線幅が領域毎に異なり、しかもパターンが繰返し、非繰返し、なしであったり、様々な形態が考えられる。

【0024】本発明に係る異物等の欠陥検査装置および方法は、このような被検査対象物1において、チップ内

の非繰返しパターン領域上の直線群からなるパターン（線状パターン）からの0次回折光を、図12および図21に示すように対物レンズの入射瞳20a、20cに入射させないようにすると共に非繰返しパターン領域上に存在する異物等の欠陥によって生じる散乱光を受光することによって異物等の欠陥から信号を検出できるようにし、その欠陥の位置座標を算出できるようにした。また、本発明に係る異物等の欠陥検査装置および方法は、上記被検査対象物1では、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により背景信号にばらつきが生じたとしても、このばらつきに応じて異物等の欠陥を抽出するための閾値を設定することによって異物等の欠陥の検出感度およびスループットを向上するようにした。

【0025】次に、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の第1の実施の形態を図3および図4を用いて説明する。異物等の欠陥検査装置の第1の実施の形態は、基板設置台304、xyzステージ301、302、303およびステージコントローラ305から構成されるステージ部300と、レーザ光源101、凹レンズ102および凸レンズ103より構成されるビームスプリッタ、および円錐曲面を持つ照明レンズ104より構成される3つの照明光学系部100と、検出レンズ201、空間フィルタ202、結像レンズ203、ND（Neutral Density）フィルタ207、ビームスプリッター204、偏光素子208、TDIセンサ等の1次元検出器（イメージセンサ）205、206より構成される検出光学系部200と、図4に示すようにA/D変換部401、例えばチップ間は必ずパターンが繰返されることから1チップ分遅延させるデータメモリ402、チップ間の信号の差をとる差分処理回路403、チップ間の差信号を一時記憶するメモリ404、差信号における通常でない最大および最小の信号を除去する最大最小除去回路405、信号レベルsの2乗算回路406、信号レベルsの算出回路407、個数カウント回路408、sの2乗を積分する2乗和算回路409、sを積分する和算回路410、ばらつきを求めるためのサンプリング個数nを算出する計数回路411、上限判定基準（正側閾値）算出回路412、下限判定基準（負側閾値）算出回路413、比較回路414、415、異物等の欠陥検出結果を記憶すると共に欠陥検出結果を出力する出力手段417より構成される演算処理部400と、白色光源106、照明レンズ107より構成される白色照明光学系部500とにより構成される。特に、TDIセンサとしては、アンチブルーミングタイプが望ましい。このようにTDIセンサとして、アンチブルーミングタイプを用いると、飽和領域近傍での異物等の欠陥検査が可能となる。

【0026】なお、演算処理部400については、後で詳しく説明する。3つの照明光学系部100は、レーザ



光源101から射出された光を、凹レンズ102および凸レンズ103より構成されるビームスプリッタ、円錐曲面を持つ照明レンズ104を通して、図5に示すようにスリット状のビーム3を平面的に3方向10、11、12から載置台304上に設置されたウエハ（被検査対象基板）1に対して上記スリット状のビーム3の長手方向がチップの配列方向に向くように照明するよう構成される。なお、照明光として、スリット状のビーム3にするのは、異物等の欠陥の検査を高速化を実現したためである。即ち、図5に示すように、xステージ301の走査方向のx方向およびyステージ302の走査方向のy方向に向けてチップ2を配列したウエハ1上に照明されるビーム3は、yステージ302の走査方向yに狭く、その垂直方向x（xステージ301の走査方向）に広いスリットビームで照明する。そして、このスリット状のビーム3は、y方向には、光源の像が結像するように、x方向には、平行光になるように照明される訳である。なお、3方向10、11、12からのスリット状のビーム3の照明は、個別に行ってもよいし、また2方向10、12からは同時に行ってもよい。ところで、スリット状のビーム3の長手方向を、ウエハ（被検査対象基板）1に対してチップの配列方向に向け、且つyステージ302の走査方向yに対して直角にしたのは、TDIセンサ205、206の積分方向とステージの走行方向とを平行に保つことができるようにして、図14に示すように、通常のTDIセンサを用いることができるようにし、しかも画像信号のチップ間比較を簡素化することができると共に欠陥位置座標の算出も容易に行うことができ、その結果異物等の欠陥検査の高速化を実現できるようにした。特に、方向10および12からのスリット状のビーム3の照明で、ウエハ（被検査対象基板）1に\*

$$x^2 + y^2 = (z \tan \theta 1)^2$$

また、図8に示す曲面24は、原点を頂点に置き、頂角を $\theta 2$ とすると、次に示す（数2）式に従うことにな

$$(x - z \tan \theta 2)^2 + y^2 = (z \cdot \tan \theta 2)^2 \quad (\text{数2})$$

なお、円錐レンズ104の作成方法は、ここで示した作成方法に限らず、他の方法、たとえば、あらかじめ作成した、円錐面を有する型に、たとえばプラスチック等を流し込む射出成型法、あらかじめ作成した円錐面にガラス基板を乗せ、基板を溶融させる方法等でも作成できる。

【0029】本発明では、この円錐レンズ104を用いてy方向クリティカル、x方向コリメートの照明を実現している。そのための構成を図9（a）、（b）に示す。レーザ光源101から射出した光は、凹レンズ102、凸レンズ103から構成されるビームエキスパンダを介して、円錐レンズ104に入射する。円錐レンズ104では、x方向にはレンズ効果を持たないためコリメートされた形で照明される。また円錐レンズ104の両端で、曲率が異なるため、焦点位置が異なる。同時に、★50

\* 対してチップの配列方向に向け、且つyステージ302の走査方向yに対して直角になるようにするためには、円錐曲面を持つ照明レンズ104が必要となる。

【0027】図6に円錐形状の照明レンズ104を示す。この照明レンズ104は、シリンドリカルレンズの長手方向の位置で、焦点距離が異なり、直線的にこの焦点距離を変えたレンズである。この構成により、図6に示すように斜めから照明（ $\alpha 1$ 、 $\phi 1$ の傾きを両立）しても、y方向に絞込み、x方向にコリメートされたスリット状のビーム3で照明することができる。即ち、この照明レンズ104により、図9（a）に示すようなx方向に平行光を有し、かつ $\phi 1 = 45$ 度付近の照明を実現することができる。特に図9（a）に示すように、スリット状のビーム3をx方向に平行光にすることによって、主要な直線群がx方向およびy方向を向いた回路パターンから回折光パターンが得られ、空間フィルタ202によって遮光することができることになる。次に、円錐曲面を持つ照明レンズ104の製造方法について、図7および図8を用いて説明する。この円錐レンズ104は、ガラス或いは石英等を材料にして、所定の底面積および高さを有する円錐23を磨きだし、所定の位置から片側平面のレンズを切り出して作成することができる。本発明で必要とされる図6に示したレンズの曲面は、本来円錐でなく、図8に示したような曲面24で有るべきである。しかしながら、図8に示した立体は、回転体でないため、磨くことが難しいため、図7に示した円錐23で近似している。現実には、N. A. が0.02から0.2程度のレンズであれば、大きな問題はない。

【0028】図7に示す円錐23面の形状は、原点を頂点に置き、頂角を $\theta 1$ とすると、次に示す（数1）式に従うことになる。

$$(\text{数1})$$

※る。

★ y方向では、円錐レンズ104の曲率によりウエハ1上に集光する。

【0030】図10は、レーザ光源101として、一つのレーザ光源101で構成した3つの照明光学系部100を示す平面図である。レーザ光源101から出射したレーザビームをハーフミラー等の分岐光学要素110で2つの光路に分岐し、一方はミラー111、112で反射させてミラー113で下方に向けて凹レンズ102に入射させることによって11の方向からの照明ビームを得ることができ、他方はハーフミラー等の分岐光学要素114へと進行する。該分岐光学要素114で分岐された一方は、ミラー115で反射させてミラー117で下方に向けて凹レンズ102に入射させることによって10の方向からの照明ビームを得ることができ、他方はミラー116で下方に向けて凹レンズ102に入射させる



ことによって10の方向からの照明ビームを得ることができる。ところで、11の方向からのみ照明する場合には、分岐光学要素110からミラー要素118に切り換えることによって実現することができる。また、10および12の方向からのみ照明する場合には、光路から分岐光学要素110を退出させるかまたは素通りの光学要素に切り換えることによって実現することができる。また、10および12方向からの照明の内、例えば12方向からのみ照明する場合には、分岐光学要素114からミラー要素119に切り換えることによって実現することができる。

【0031】なお、レーザ光源101として、分岐する関係で高出力のYAGレーザの第2高調波SHG、波長532nmを用いるのがよいが、必ずしも532nmである必要はない。また、レーザ光源101として、YAGSHGである必要もない。すなわち、レーザ光源101として、Arレーザ、窒素レーザ、He-Cdレーザ、エキシマレーザ等他の光源であっても良い。検出光学系部200は、ウエハ1から射出した光を、検出レンズ(対物レンズ)201、繰返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ202、結像レンズ203、NDフィルタ(波長帯域によらず光量を調整する。)207、ビームスプリッター204、偏光素子208を通して、TDIセンサ等の1次元検出器205、206で検出するように構成される。空間フィルタ202は、繰返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光すべく、対物レンズ201の空間周波数領域、即ちフーリエ変換(射出瞳に相当する。)の結像位置に置かれている。また、偏光素子208は、照明光学系部100で偏光照明した際、回路パターンのエッジから生じる反射散乱光による偏光成分を遮光し、異物等の欠陥から生じる反射散乱光による偏光成分の一部分を透過するもので、本発明においては必ずしも必要としない。ここで、図5に示すウエハ1上の照明エリア4が、リレーレンズを構成する対物レンズ201、結像203により、検出器205、206上に結像される。即ち、4は、TDIセンサ等の1次元検出器205、206の受光エリアを示すものである。

【0032】前述したように様々な形態の回路パターンが形成されたウエハ(基板)1に対してスリット状のビーム3が照明されると、この反射回折光(あるいは散乱光)が、ウエハの表面、回路パターン、異物等の欠陥から射出することになる。この射出した光は、検出レンズ201、空間フィルタ202、結像レンズ203、NDフィルタ207、偏光素子208、およびビームスプリッター204を通して、検出器205、206で受光されて光電変換される。ここで、NDフィルタ207、偏光素子208、ビームスプリッター204の順序は、ここにあげた順序である必要はない。特に、NDフィルタ207は、ビームスプリッター204の後に配置する

と、2つの検出器205、206に入る光の強度を独立に制御できるという効果を持つ。また、ビームスプリッター204の透過、反射率は、50%である必要はない。たとえば、1%、99%と言う風に構成すると、一方の検出器に約100分の1の強度の光が入射することになり、これら強度の異なる光をそれぞれ受光する2つの検出器から得られる信号を用いることで、検出器の見かけ上のダイナミックレンジを向上することが出来る。従って、演算処理部400において、検出器205から得られる信号と検出器206から得られる信号とを用いることによってダイナミックレンジを向上させた異物等の欠陥からの検出信号を得ることができる。特に、強度が大きい光を検出器が受光して得られる信号は強度が大きい欠陥を示す成分が強調されることになり、強度が小さい光を検出器が受光して得られる信号は強度が小さい背景に近い成分が強調されることになる。従って、両信号の比などの相関をとることによって欠陥を示す信号のダイナミックレンジを向上させることができる。しかし、レーザ光源101等の照明光学系から照射されるビーム光束の照度(パワー)を制御して変えることによっても、ダイナミックレンジを変えることができ、ビームスプリッター204および一方の検出器206をなくすことができる。

【0033】次に、本発明に係る照明光学系部100でウエハ1に対して照明するスリット状のビーム3と検出光学系部200との関係について更に具体的に説明する。図5には、スリット状のビーム3による照明とTDIセンサ等の1次元検出器205、206による検出の方向の平面図を示す。パターン2が形成されたウエハ1上を、スリット状のビーム3で照明する。1次元検出器205、206の検出光学系による像4を示す。スリット状のビーム3は、平面的な方向10、11、12から照明される。図11(a)は、図5を補足説明するものであり、照明方向10、検出方向14(ウエハの表面と垂直の場合を示す)、x軸、y軸を示している。また、球面17は、仮想に想定したものであり、図5で検出光学系部100における対物レンズ201の開口位置を考えるためのものである。この球面17と照明光10、検出光14との交点がそれぞれ15、16である。図11(b)は、方向10から照明した際の回折光の射出の様子を示す。正反射光の射出方向19と仮想球面17との交点18を0次光として、図7(b)に示すようにパターン方向(x方向、y方向)を中心とし、照明点を頂点とする円錐の稜の方向に射出するため、仮想球面17との交点の奇跡は、この円錐の底面の円周上になる。

【0034】従って、この奇跡を法線方向から見るとx軸、y軸に平行な直線になる。

【0035】ところで、 $\beta_1=0$ の傾いていない検出光学系部200における対物レンズ201の開口は、図12および図13に示す開口20aとなる。ここで、照明

21

の方向10、12の角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ は、たとえば、45度程度に設定する。図3に示すように検出光学系200の光軸をウエハ1の表面に対して垂直、すなわち $\beta 1=0$ にした場合、検出レンズ(対物レンズ)201の開口数(N. A.)と照明光の角度 $\alpha 1$ (図3)との関係は、図12に示すように、主たる直線群がxおよびy方向に向いた回路パターンからのx、およびy方向の0次の回折光21x、21yが検出レンズ201の瞳に入射させない条件を元に、次に示す(数3)式から決定される範囲に設定されるべきである。即ち、照明の方向1

$$N. A. < \cos \alpha 1 \cdot \sin \phi 1 \quad \text{かつ}$$

$$N. A. < \cos \alpha 1 \cdot \sin (\pi / 2 - \phi 1)$$

なお、 $\alpha 1$ を30°以下にすれば、対物レンズ201の開口数(N. A.)を約0.4以下にすればよい。これらの条件は、特に、被検査対象物1として、メモリLSI11aにおける非繰返しパターンを有する周辺回路領域1ac、マイコン等のLSI11bにおける非繰返しパターンを有するCPUコア部領域1bdおよび出力部領域1be、および非繰返しパターンを有するロジックLSI等に対して有効になる。これらLSIパターンは、多くの場合、直角平行に(主要な直線群が直角に)パターンが形成されているため、これらの0次回折光が特定の方向に射出することになる。そこで、この射出した0次回折光を対物レンズ201に入射させないようにすることで、これらの多くのパターンからの回折光が消去され、異物等の欠陥からの反射回折光のみの検出を容易にする。具体的には、回路パターンからの検出信号レベルが低下して異物等の欠陥を高感度での検出可能領域が増えることになる。当然、非繰返しパターンの場合、高次(1次、2次、3次、...)の回折光は対物レンズ201の開口20aに入射されることになるので、この高次の回折光は、図12に示す0次の回折光21x、21yと平行な直線群として現れることになる。そこで、このような高次の回折光を細帯状の空間フィルタ202で遮光することによって、消去することも可能である。

【0037】また、被検査対象基板(ウエハ)1に対して、配線等の間の凹部に入り込んだ異物あるいは欠陥、エッチ残り等を検査する必要がある。しかしながら、被検査対象基板1上には非繰返しパターンが存在し、該非繰返しパターンからの0次の回折光が対物レンズ201に入射しないようにするために、上記に説明したように、y軸に対してほぼ45度の角度の方向10、12からx方向に長手方向を有するスリット状のビーム3を基板1上に照明したのでは、凸部である配線等が邪魔をして凹部を十分に照明することが難しくなる。そこで、配線パターンが多くの場合、直角、平行方向に形成されていることから、y軸に平行な方向11から基板1に対してスリット状のビーム3を照明することによって、配線等の間の凹部を十分照明することが可能となる。特

22

\*0、12の角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ を、45度程度にし、検出レンズ(対物レンズ)201の開口数(N. A.)と照明光の角度 $\alpha 1$ (図3)との関係を次に示す(数3)式を満足するようにすることによって、非繰返しパターンであっても、主たる直線群がxおよびy方向に向いた回路パターンからのx、およびy方向の0次の回折光21x、21yを対物レンズ201の開口20aに入射させることをなくすることが可能となる。

【0036】

(数3)

※に、メモリLSIの配線パターンは数mmの長さの直線パターンで有ることが多く、この方向11からの照明により検査可能になることが多い。また、パターンにより、90度方向の場合は、ウエハを90度回転させて検査するか、照明方向をx方向にすることにより検査可能となる。

【0038】しかしながら、方向11からスリット状のビーム3を照明した場合、図13に示すように、0次回折光21x'、21y'の内、y方向の0次回折光21y'が対物レンズ201の開口20aに入射することになるので、少なくともこの0次回折光21y'を空間フィルタ202によって遮光して消去する必要があることになる。この際、当然高次の回折光を空間フィルタ202によって遮光して消去することも可能である。以上、被検査対象基板1上のチップ2内に存在する非繰返しパターンの場合における非繰返しパターンからの特に0次回折光の消去方法について説明したが、チップ2内には、メモリLSI11aにおけるメモリセル領域1abや、マイコン等のLSI11bにおけるレジスタ群領域1bbおよびメモリ部領域1bcのように、繰返しパターンが存在することになり、この繰返しパターンからの回折光(回折干渉光)を空間フィルタ202によって遮光することが要求される。要するに、チップ2内には、繰返しパターンと非繰返しパターンとパターンなしとが混在することになり、しかも夫々線幅も異なることになるので、通常は、頻度の多い例えば繰返しパターンからの回折光を消去するように空間フィルタ202の遮光パターンが設定されることになる。また、空間フィルタ202として、特開平5-218163号公報および特開平6-258239号公報に記載されているように、遮光パターンを変更できるものを用いれば、チップ2内の回路パターンに応じて変更されればよい。また、空間フィルタ202として、遮光パターンが異なるものを用意しておいて、チップ2内の回路パターンに応じて切り換えてもよい。

【0039】次に、検出しようとする異物等の欠陥サイズに応じた検出感度調整について説明する。即ち、TDIセンサ等の1次元検出器(イメージセンサ)205、

206の被検査対象物1上での検出画素サイズを小さくすると、スルーアットは落ちるものの、検出感度の向上が見込める。そこで、0.1 $\mu$ m程度以下の異物等の欠陥を検出する際、画素サイズを小さくする検出光学系200に切り替えて用いると良い。具体的には、TDIセンサ等の画素についてウエハ1上での像のサイズが2ミクロン、1ミクロン、0.5ミクロンとなるような3種類の検出光学系200を持つと良い。この構成の実現方法として、光学系200すべてを切り替えても良いし、レンズ(レンズ群)203のみを切り替えても良いし、あるいは、レンズ(レンズ群)201を切り替えても良い。この際、ウエハ1から、TDIセンサ等の1次元検出器205、206までの光路長を変えずに済むように、レンズの構成を設計しておくとも良い。もちろん、このような設計が難しい場合、レンズの切り替えに併せて、センサまでの距離を変えられるような機構を用いても良い。また、センサ自体の画素サイズを変えたものを切り替えても良い。次に、3方向からのスリット状のビーム3とTDIセンサ205、206との関係の具体的実施例について図14を用いて説明する。図14には、ウエハ1上のTDIの像4と、方向10からのスリット状ビーム3-10および方向12からのスリット状ビーム3-12との関係を示す。図10に示すように、同一レーザ光源101から分岐して得られる照明ビームを、方向10、12の方向から照明する場合、これらのビームは、それぞれ干渉し、照明範囲内で、強度にばらつきがでてしまう。そこで、図14に示すように、TDIの像4の範囲内で、これらのビーム3-10、3-12が交わらないように照明することにより、干渉の影響を除くことができる。TDIセンサ205、206を用いる場合は、4の範囲内で、検出出力をy方向にyステージの走行と同期して積分することになるため、このように位置がずれていても問題ない。また、照明方向11からのスリット状ビーム3-11を用いる場合も同様に、3つのビームを重なりが問題にならない範囲で、交わらないように照明すればよい。10、11、12の内2本の\*

$$\tan \beta 2 = M \cdot \tan \beta 1$$

ただし、Mは検出光学系201~203の倍率とする。なお、1次元のセンサを用いる場合、この傾き $\beta 2$ は必要ない。

【0042】次に、この第2の実施の形態において、非繰返しパターン、および繰返しパターンから生じる回折光を消去して異物等の欠陥からの散乱光をTDIセンサ等の1次元検出器205、206で検出することについて説明する。この第2の実施の形態においても、被検査対象基板(ウエハ)1に対してスリット状のビーム3が図5に示すように照明される。そして、図11(a)に示すように方向10から照明した際、基板1からの回折光の射出の様子は、第1の実施例と同様に、図11(b)に示すようになる。即ち、正反射光の射出方\*

\*ビームを用いる場合も同様であることは言うまでもない。

【0040】また、ここには、図示していないが、方向10、12から照射されるスリット状ビームを同時に同一箇所に重ねて照明しても、干渉することになるが、干渉縞がy方向に対して傾くため、上記TDIセンサ205、206の積分効果により、照明強度の干渉によるばらつきを低減できる。そのため、図14に示すようにビーム3-10と3-12とが交わらないように照明する必要はない。次に、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の第2の実施の形態について説明する。第2の実施の形態は、図15に示すように、異物等の欠陥からの散乱光強度を強めるために、検出光学系部200の光軸を垂直から $\beta 1$ 傾けたものである。他の構成は、図3に示す第1の実施の形態と同様である。ところで、検出光学系部200の光軸を垂直から $\beta 1$ 傾けた理由は、図16に示すように、検出対象の微粒子(異物)からの散乱光強度が大きくなり、検出感度が向上する。これは、照明波長に対して数分の一より大きい粒子(異物)は、前方散乱光51が大きいのに対し、波長の1/10以下に近い表面のあれ等からの散乱光52はほぼ当方に散乱するため、前方では相対的に微粒子からの散乱光が大きくなることに起因する。この結果、回路パターン上の面あれが、検出画素内に複数個ある場合でもその総量は強度53に示すようになる。従って、前方散乱を取ることで、面あれに対して、微粒子あるいは欠陥を検出可能になる。

【0041】しかしながら、検出器205、206にTDI(Time Delay Integration)センサを用いた場合、焦点深度の関係で、検出光学系部200の光軸を傾けることができない。従って、この第2の実施の形態の場合、1次元のセンサを使用するか、検出光学系201~203を等倍あるいは数倍にして、図17に示すようにTDIセンサ205、206の傾きを次に示す(数4)式に従って $\beta 2$ に設定する。このようにすることにより全面で倍率を合わせることができる。

(数4)

※向19と仮想球面との交点18を0次光として、図11(b)に示すようにパターン方向(x方向、y方向)を中心とし、照明点を頂点とする円錐の稜の方向に射出するため、仮想球面17との交点の奇跡は、この円錐の底面の円周上になる。従って、繰返しパターンの場合、0次回折光の奇跡は、法線方向から見ると図18に示すようにx軸、y軸に平行な直線になる。特に、繰返しパターンの場合、0次回折光の極大は、この直線群の交点22に位置する。従って、 $\beta 1$ 傾いた検出光学系200における対物レンズ201の開口20bは、図18に示すようになる。そして、この開口20bを方向14(光軸方向)から見ると、図19(a)に示すような曲線と直線の交点に0次回折光22が射出して見える。そ

ここで、空間フィルタ202において、図19(b)に示すような直線状の遮光部207によりこれらの回折光を遮光すると、パターンからの信号を除去できることになる。また、ウエハ1上の繰り返しパターンのパターン形状、ピッチが変わった場合、図18の射出点18を中心に、x、y方向の奇跡のピッチが変わる。従って、開口20b内では、回折光22のピッチと位相が変わることになる。これらの回折光を遮光するためには、空間フィルタ202における直線状遮光部207のピッチと位相を変えればよい。以上説明したように、繰り返しパターン

については、空間フィルタ202によって生じる回折光を遮光することが可能となる。

【0043】次に、非繰り返しパターンの場合について説明する。非繰り返しパターンにおいても、主としてxおよびy方向を向いた直線パターンから形成されている。従って、方向10からスリット状のビーム3を照明した場合、図12と同様に、図20に示すようにx、y方向の0次回折光21x、21yが生じることになる。ところが、検出光学系200の光軸が $\beta$ 1傾けられていると、微粒子からの散乱光は大きくなるが、y方向に出射された0次回折光21xが対物レンズ201の開口20b内に入ってしまうことになる。従って、非繰り返しパターンの場合においても、空間フィルタ202によって0次回折光21xを遮光する必要が生じてくる。このように、繰り返しパターンの場合生じる回折光と非繰り返しパターンの場合の0次回折光パターンとが相違することになるため、空間フィルタ202に両方の回折光パターンを持たせる必要が生じる。しかしながら、空間フィルタで両方の回折光パターンを遮光しようとする

と、該空間フィルタを透過する異物等の欠陥からの散乱光の強度が減衰し、感度が低下することになる。そこで、前述した第1の実施の形態のように、検出光学系200の光軸を垂直にして対物レンズ201の開口を20aに位置付けることによって、非繰り返しパターンに対して方向10、12からスリット状のビーム3を照明したとしても、0次回折光パターン21x、21yが対物レンズ201の開口20a内に入射するのを防止することが可能となり、非繰り返しパターン上に存在する異物等の欠陥を検出することが可能となる。

【0044】しかしながら、前述した第1の実施の形態で説明したように、配線間の間の凹部に存在する異物等の欠陥を検出しようとする

に説明するように構成すれば満足させることが可能となる。即ち、y軸に対して45度程度傾けた方向10、12からの照明をやめてy軸方向11からのスリット状のビーム3で照明し、検出光学系200の光軸を垂直からyおよびx軸方向に傾けることによって対物レンズ201の開口を図21に示す20cの位置におくことによって、非繰り返しパターンの場合において0次回折光21x'、21y'が対物レンズ201の開口20cに入射するのを防止することができる。このようにすれば、空間フィルタ202は、繰り返しパターンから生じる回折光のみ遮光するように構成でき、空間フィルタを透過する異物等の欠陥からの散乱光の強度の低下を防ぐことが可能となる。

【0045】しかしながら、この場合、対物レンズ201のN.A.を小さくすることが必要となる。問題は、検出器205、206の焦点位置であるが、図17に示すように、検出器205、206を傾けた構成により結像全域で焦点を合わせることができる。この場合、検出器205、206の傾きは、 $\beta$ 2の方向だけでなく、 $\beta$ 2および方向14の両方に垂直な方向に同時に傾ける必要がある。さらに、検出光学系200では、テレセントリック光学系を用いているため、焦点位置が異なる部分で横倍率変動することはない。

【0046】次に、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の第3の実施の形態について説明する。この第3の実施の形態は、第1および第2の実施の形態よりも劣るものである。この第3の実施の形態は、図22に示すように、回路パターンに対して45度の方向10、12から、円錐レンズ104を用いずに、シリンドリカルレンズ104'を用いて単にスリット状のビームの長手方向を照明方向10、12に向けたスリット状のビーム3'をウエハ1上に照明するものである。即ち、ウエハ1上に形成されたチップの配列方向から45に近い角度だけ傾けた方向10、12から、照明の入射面に平行な形状のビームをウエハ1上に照明するものである。当然、スリット状のビーム3'は、長手方向には平行光で形成され、幅方向には絞られたものである。なお、ウエハ1上にチップ2内に形成された繰り返しパターン、非繰り返しパターンからの回折光については、上記第1および第2の実施の形態と同様になる。この第3の実施の形態では、チップ比較を簡略化するために、ステージの走査方向yは、チップに平行あるいは直角にする必要がある。さらに、この実施の形態では、TDIセンサの積分方向がステージ走査方向yと平行にならないため、検出器205、206としてTDIセンサは使えない。従って、検出器205、206として1次元のリニアセンサを使う必要がある。リニアセンサの場合、照明のビーム幅より狭いエリアからの光信号を検出することになるため、照明光を効率よく利用するため、照明ビーム3'はセンサの像4に近い幅まで絞ると良い。具体的には、

たとえば、センサの画素サイズが、13ミクロン、光学系の倍率が6.5倍の場合、ウエハ上でのセンサの像は、画素サイズ2ミクロンとなる。この場合、たとえば、波長532nmのレーザを用いる場合、照明系のレンズ104'のセンサの長手方向に直角な方向の開口数\*

$$d = 1.22 \cdot \lambda / N.A.$$

ここで、dは、ビームの半値幅、λは照明の波長である。また、図22に示す照明方法で、センサ205、206にTDIを用いる場合、図23に示すような形状の特殊なTDIを用いる必要がある。すなわち、積分方向がφ1傾いた画素構成になっている特殊なTDIセンサとなる。

【0047】次に、異物等の欠陥検査を行う被検査対象として、パターンがない酸化膜等の絶縁膜上に存在する異物等の欠陥検査について説明する。図24には、酸化膜等の透明膜での光の散乱の状況を示す。たとえば、基板33上の酸化膜32の表面に十分小さい（照明波長の数分の1）の微粒子（異物）34が有った場合、ここからの光の波面が球面状に射出する。すなわち酸化膜側に射出すると同時に検出器側に射出する。ここで、射出した波面は酸化膜32と下地33との界面で反射する。この反射光と検出器側に射出した光が干渉により、射出方向に強弱が生じる。この結果、たとえば、方向36、37、38によって、検出出力が変わることになる。酸化膜の厚さ、屈折率に応じて、この強度分布が変化し、その結果同じ方向から検出した場合検出光の強度が変化し、感度が変わることになる。ただし、このモデルで考えた場合、照明の方向によって検出光の出力は変わらない。また、実験により照明光の入射角を変えても検出光の出力は変わらないことを確認している。しかしながら、白色照明をすると、光の干渉をなくすことができる。このため、上記第1および第2の実施の形態において、設置された白色照明光学系500は、酸化膜等の絶縁膜32状の異物を検出するためのものである。従って、絶縁膜32上の異物を検出するとき、白色光源106をONにし、レーザ光源101をOFFすればよい。また、通常の回路パターン上の異物等の欠陥を検出するときには、レーザ光源101をONにし、白色光源106をOFFすればよい。また、照明光の波長の影響を受ける被検査対象に対しては、白色照明を用いればよい。

【0048】白色照明の場合、TDIセンサの視野より大きなスポット状で照明することになる。また、照明光としてレーザ光源を用いる場合には、酸化膜32上での検出出力を安定にするためには、ウエハ表面から射出する光の大部分を検出できるような大きな開口数の対物レンズ201で検出する必要がある。また、小さな開口数の対物レンズを用いる場合には、複数の対物レンズを使用し、これらによる検出出力を積分しても良い。あるいは、照明光の波長を複数用い、これらによる検出結果を積分しても良い。ここで、異物からの散乱光の膜内での※50

\* N.A. は、次に示す(数5)式で、0.5程度にするとうまい。もちろんこれは、照明の効率を上げるためのものであり、この必要がない場合は、さらに小さなN.A.であってかまわない。

(数5)

※吸収(減衰)は、ほとんどないと考えて良い。異物が無い場合、射出方向は一方になるため、干渉により、この方向の出力は変動する。しかし、異物があり、射出方向が広がる場合、この射出方向による強度分布という形で干渉が生じるためである。

【0049】図25には、複数の方向から検出する場合の実施例の構成を示す。方向213、214、215に射出した光を検出レンズ210、211、212で結像し、それぞれ検出器213、214、215で検出する。この結果は、451、452、453でアナログデジタル(A/D)変換され、積分手段454で積分され、適当なしきい値により2値化されて検出結果となる。この検出系210、211、212は必ずしも3個である必要はなく、2つであっても良い。またここでの検出系は、図3に示す検出系200を複数(たとえば、β1=0度、β1=45度)、用いる場合も含むものである。図26には、酸化膜の膜厚を変えた場合の検出信号の変化を示す。(a)は、ある波長での強度分布48、(b)は3つの異なる波長での強度変化48、49、50を重ねて示している。この図26(b)により、複数の波長を用いその検出結果を積分することで、図26(a)に示すような強度変化が大きく低減できることが判る。この場合、検出信号強度は照明光の入射角には依存しないことが判っているため、異なる波長の照明は、入射角、あるいは、φ1を変えた方向から照明すればよい。即ち、10、11、12の方向からのスリット状のビームの波長を互いに異ならしめることによって、同一の検出光学系200により、酸化膜等の絶縁膜上の異物を示す信号を検出することが可能となる。このように、各方向からのスリット状のビームの波長を異ならしめることによって、互いに干渉しないため、同一の検出光学系200で検出することが可能となり、検出光学系を複数用意する事によるコストアップをさけることができる。また、検出光学系200は、少なくとも2つの波長で、容易に色収差(および焦点距離)を補正することができるため、2つの波長を用いる限り実現上の困難性はない。

【0050】次に、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の第4の実施の形態について説明する。ところで、半導体素子は益々極微細化が進む一方で、歩留まりも一層向上させることが要求されている。従って、このような半導体素子を製造するための半導体ウエハ等の半導体基板には、0.3~0.2μm以下の極微細化された回路パターンが形成されている関係で、半導体基板上に存在す

る異物等の欠陥が $0.1\mu\text{m}$ 程度以下の極微小な分子もしくは原子レベルに近いものが存在しても半導体素子として動作不良の原因となる状況である。このような状況にあるため、本発明に係る異物等の欠陥検査装置では、 $0.3\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度以下の極微細化された回路パターンが存在する半導体ウエハ等の半導体基板上に存在する極微小の異物等の欠陥を、高感度で、且つ高速で検査できることが要求されてきている。

【0051】図35には、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の第4の実施の形態の概略構成を示した図である。図36は、その照明光学系の一実施例を示した図である。即ち、異物等の欠陥検査装置は、上記半導体ウエハ（半導体基板）等のように極微細化された回路パターンが形成された異物等の欠陥を検査する被検査対象物1を載置するステージ301、302、303と、半導体レーザ、アルゴンレーザ、YAG-SHGレーザ、エキシマレーザ等のレーザ光源等からなる照明光源101と、該照明光源（レーザ源）101から出射された高輝度の光を、斜め方向から、図37に示すように照度としてほぼガウス分布をもつスリット状のガウスビーム光束（照明領域3）107で被検査対象基板1上に照明する照明光学系102～105と、検出レンズ（対物レンズ）201、空間フィルタ202、結像レンズ203、NDフィルタ207、およびビームスプリッタ204等から構成され、検出領域4からの反射回折光（あるいは散乱光）に基いて通過して結像させる検出光学系と、TDIイメージセンサ、CCDイメージセンサ等から構成され、検出領域4に対応する受光面を有する検出器205、206と、該検出器205、206から検出される画像信号に基いて異物等の欠陥を検出する演算処理部400とによって構成される。なお、この欠陥検査装置には、被検査対象物1の表面を検出器205、206の受光面に結像させるように自動焦点制御系を備えている。

【0052】照明光源101、および照明光学系102～105の具体的構成は、図36に示すように、照明光源101から出射された例えばレーザビーム1006のビーム径を拡大させる凹レンズまたは凸レンズ102と、凹または凸レンズ102で拡大されたビームをほぼ平行な光束に変換するコリメートレンズ103と、該コリメートレンズ103で変換されたほぼ平行な光束についてy軸方向に集束して被検査対象物1上に図37に示すように照度としてほぼガウス分布をもつスリット状のガウスビーム光束（照明領域3）1007で照射する円錐曲面を持つ照明レンズ（y軸方向に集束機能を有する光学系）104とで構成される。なお、凹レンズまたは凸レンズ102とコリメートレンズ103とによってビーム径を拡大するビームエキスパンダを構成する。この照明光学系102～104として、コリメートレンズ、凹レンズ、およびレシーバレンズからなるビームエキスパンダと、該ビームエキスパンダで変換されたほぼ平行

な光束についてy軸方向に集束して被検査対象物1上に図36に示すように照度としてほぼガウス分布をもつスリット状のガウスビーム光束（照明領域2）1007で照射する円錐レンズ（y軸方向に集束機能を有する光学系）104と、該円錐レンズ104で得られるスリット状ガウスビーム光束1007を反射させて被検査対象物1に対して斜め方向から照射するミラーとで構成することができる。

【0053】ところで、この構成により、凹または凸レンズ102とコリメートレンズ103との間の距離bまたは凹レンズとレシーバレンズとの間の距離を可変して設定することにより、照度としてほぼガウス分布をもったx方向の照明幅を可変して設定することができる。即ち、ビームエキスパンダーを調整することにより、照度としてほぼガウス分布をもった照明領域（スリット状の光束1007）3のx方向の長さLxを可変して設定することができる。また、円錐レンズ104と被検査対象物1との間の距離を変えることによって集束された照明領域（スリット状のガウスビーム光束1007）3のy方向の幅Lyを可変して設定することができる。図37に示す検出領域4は、被検査対象物1上におけるTDIイメージセンサやCCDイメージセンサによる検出領域を示す。例えば、TDIイメージセンサの場合、各画素サイズが例えば $27\mu\text{m}\times 27\mu\text{m}$ で、時間遅延積分（TDI）方向に例えば64行、TDIモードで動作するMUX方向に例えば4096列の $64\times 4096$ CCD撮像センサで構成される。即ち、TDIイメージセンサ205a、206aは、図38に示すように、ラインセンサがn（例えば64）段形成されたものである。センサから出力される情報量であるラインレートは、ラインセンサと同等であるが、ラインレートrt毎に、蓄積された電荷がライン1、2、・・・と順々に転送されていき、被検査対象物1をy軸方向に移動させるystage302の送り速度を、ラインレートと同期させることにより、例えば微小異物5からの散乱光あるいは回折光に基づく光像6はラインnに到るまでの長時間にわたって蓄積されることになり、極微小な異物等の欠陥に対しても高感度で検出することが可能となる。このイメージセンサでは、基本的には微小異物等の欠陥の像がライン1からラインnに到達するまでの散乱光あるいは回折光強度の総和を検出することになるが、ライン各々に到達する被検査対象基板の同一点からの散乱光あるいは回折光は、時間的に全くインコヒーレントとなる。

【0054】以上説明したように、照明光源101より出射されたビームを照明光学系（照射光学系）102～104でスリット状のガウスビーム光束1007に変換し、この変換されたスリット状の光束1007で、ステージ301～303上の被検査対象基板1の表面に照明領域3が形成されるように例えば斜め方向から照射する。TDIイメージセンサ等から構成された検出器20

5a、206aは、yステージ302をy軸方向に移動させることによって被検査対象基板1をy軸方向に移動させながら、該送り速度と同期したラインレートrtで各画素に蓄積された電荷を順次転送していくことにより、検出光学系201~204で結像される被検査対象基板1上における検出領域4の光像を撮像しながら検出領域4の幅Hで走査して各画素(素子)毎に検出し、この検出される信号を演算処理部400で処理することにより上記検出領域4に存在する微小異物等の欠陥を、高感度で、且つ高速に検査をすることができる。このように、TDIイメージセンサ205a、206aを用いることによって、微小異物等の欠陥から生じる散乱光あるいは回折光の照度の総和(光量=照度×時間)をとることができ、感度を向上させることができる。また、一度にスリット状のビーム光束1007を照射領域3に照射し、TDIイメージセンサ205a、206aのラインレートrtと同期させて被検査対象基板1をy軸方向に移動させながら、TDIイメージセンサで検出領域4について受光することによって、広い幅Hを有する検出領域4に存在する微小異物等の欠陥を、高速に検査をすることが

【0055】更に、0.1μm程度以下の極微小な異物等の欠陥を、高感度で、且つ高速に検査するための本発明に係る第4の実施の形態について説明する。即ち、0.1μm程度以下の極微小な異物等の欠陥を、高感度で検出しようとする、TDIイメージセンサ302aの各画素において受光する極微小な異物等の欠陥からの散乱光あるいは回折光強度を強くする必要があると共に、被検査対象基板1上での各画素サイズを1μm×1μm程度以下にする必要がある。このように被検査対象基板1上での各画素サイズを1μm×1μm程度以下にするためには、TDIイメージセンサの各画素サイズが例えば27μm×27μmの場合、対物レンズ等の検出光学系201~204の結像倍率Mを約27倍程度以上にすればよく、実現することは可能となる。なお、TDIイメージセンサ205a、206aとして26×4096CCD撮像センサで構成したものと使用すると、検出領域4はW=26μm程度以下、H=4096μm程度以下となる。また、被検査対象基板1の表面から得られる散乱光あるいは回折光による光像をTDIイメージセンサ205a、206aの受光面に結像させる検出光学系201~204は、対物レンズ等で構成される関係で、レンズ収差に基いてレンズの中心部(光軸2001)に比べて周辺に行くに従ってMTF(Modula\*

$$f(x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} x_0^2\right) \quad (数6)$$

【0060】

※ ※【数7】

\*tion Transfer Function)(正弦波パターン像のコントラストの変化を空間周波数の関数として表わしたもの)が低下する特性を有する。そのため、図38(a)に示すTDIイメージセンサ205a、206aの受光面における光軸2001から最も離れてMTFが最も低下する端部(周辺)の画素205ae、206ae、即ち、図37に示す検出領域4の光軸2001から最も離れてMTFが最も低下する端部(周辺)に位置する極微小な異物等の欠陥からの散乱光あるいは回折光強度を強くする必要がある。

【0056】ところで、照明光源101および照明光学系102~104により被検査対象基板1の表面に照射領域3で照射されるスリット状のガウスビーム光束1007の照度は、図37に示すように、通常ガウス分布を有する関係で、検出領域4外の照明は無駄となるが照明領域3を検出領域4よりも広げて照明する必要がある。

【0057】そこで、このような状態から、本発明は、照明光源101から出射される照度を増大させずに、照明光源101から出射される光量を有効に活用し、検出領域4の光軸2001から最も離れてMTFが最も低下する端部(周辺)に位置する照度を最も増大させて、0.1μm程度以下の極微小な異物等の欠陥を、高感度で検出することにある。即ち、必要最小限の照度を出射する安価な照明光源(半導体レーザ、アルゴンレーザ、YAG-SHGレーザ、エキシマレーザ等のレーザ光源、キセノンランプ、水銀ランプ等の放電管、ハロゲンランプ等のフィラメント光源等からなる。)101を用いて、照明光学系102~104によって検出領域4の光軸2001から最も離れてMTFが最も低下する端部(周辺)に位置する照度を最も増大させて、効率の高い照明を実現することにある。

【0058】即ち、本発明は、具体的には、照明光源101および照明光学系102~104によりガウス分布の照度を有するスリット状のビーム光束1007で被検査対象基板1の照射領域3に照射する際、検出領域4の周辺部での照度が最大になるように照明光学系102~104を調整(制御)して照明の幅を決定する。ここで、スリット状のビーム光束1007の照度がガウス分布の場合、図37に示すように次に示す(数6)式になるので、照明領域の最外周で照度が最大になるのは、次に示す(数7)式のときとなる。

【0059】

【数6】

$$\frac{\partial f(x_0)}{\partial \sigma} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(1 - \frac{x_0}{\sigma}\right) \left(1 + \frac{x_0}{\sigma}\right) \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} x_0^2\right) \quad (\text{数7})$$

【0061】この場合、TDIイメージセンサ205 a、206 aの受光面が対応する検出領域4のx軸方向の最外周（端部）での照度 $f(x_0)$ は、中心部 $f(0)$ の約60.7%で最大となる。即ち、（数7）式において、 $x_0 = \sigma$ （ $\sigma = 1$ で、 $x_0 = 1$ ）のとき、最大値 $f(x_0) = 0.607 f(0)$ となる。なお、上記（数6）式において、 $x_0 = 0.8\sigma \sim 1.2\sigma$ （ $\sigma = 1$ で、 $x_0 = 0.8 \sim 1.2$ （ガウスビーム光束1007について照明光学系102～104による±20%程度の整形誤差を許容する。））のとき、 $f(x_0) = 0.49 f(0) \sim 0.73 f(0)$ となる。また、上記（数6）式において、 $0.8x_0 \sim 1.2x_0 = \sigma$ （ $\sigma = 0.8 \sim 1.2$ （ガウスビーム光束1007について照明光学系102～104による±20%程度の整形誤差を許容する。）で、 $x_0 = 1$ ）のとき、 $f(x_0) = 0.46 f(0) \sim 0.71 f(0)$ となる。従って、照明光学系102～104によるガウスビーム光束1007の $x_0 = \sigma$ （ $\sigma = 1$ で、 $x_0 = 1$ ）にする整形誤差として±20%程度許容すると、検出領域4において中心部（光軸2001）の照度 $f(0)$ に対する周辺部（外周部）の照度 $f(x_0)$ の比は、 $0.46 \sim 0.73$ （ $f(x_0) = 0.46 f(0) \sim 0.73 f(0)$ ）となる。なお、照明光学系102～104によるガウスビーム光束1007の $x_0 = \sigma$ （ $\sigma = 1$ で、 $x_0 = 1$ ）にする整形誤差として±10%程度許容すると、検出領域4において中心部（光軸2001）の照度 $f(0)$ に対する周辺部（外周部）の照度 $f(x_0)$ の比は、 $0.54 \sim 0.67$ （ $f(x_0) = 0.54 f(0) \sim 0.67 f(0)$ ）となる。

【0062】いずれにしても、検出領域4において中心部（光軸2001）の照度 $f(0)$ に対する周辺部（外周部）の照度 $f(x_0)$ の比が、 $0.46 \sim 0.73$ になるようにガウスビーム光束1007を照明光学系102～104によって整形することによって、照明光源101から出射されるビームを有効に活用して検出領域4の周辺部における照度を最大に近づけることが可能となる。図39に示すグラフには、照明光源101から出射される照度の総和である光量を変えずに、x軸方向の照明の幅、即ち標準偏差 $\sigma$ を変えたときの検出領域4のx軸方向の外周部（ $x_0 = 1$ ）での照度（単位面積当たりの光量） $f(x_0 = 1)$ の変化を示した。

【0063】また、図40に示すグラフには、照明光源101から出射される照度の総和である光量を変えずに、照明の幅、即ち標準偏差 $\sigma$ を $\sigma = 0.5$ 、 $\sigma = 1$ 、 $\sigma = 2$ と変えたときの検出領域4のx軸方向の座標 $x_0$ における照度（単位面積当たりの光量） $f(x_0)$ の変化を示した。これら図39および図40からも明らかなように、検出領域4のx軸方向の外周部（ $x_0 = 1$ ）にお

\*ける照度をほぼ最大にするためには、照明光学系102～104によるガウス分布に基づくx軸方向の照明の幅をほぼ $\sigma = 1$ （標準偏差 $\sigma = x_0$ ）になるように照明すればよいことになる。即ち、図37に示すように、検出領域4の光軸である中心からx軸方向の外周部までの長さを $x_0$ としたとき、照明光学系102～104によりほぼ標準偏差 $\sigma = x_0$ （検出領域4の光軸である中心からx軸方向の外周部までの長さ）となるガウス分布の照度を有するスリット状のビーム光束1007に整形して被検査対象基板1に対して照明領域3（ $L_x$ 、 $L_y$ は照度 $f$ が $f(0)$ の0.2以上の領域を示す。）として照明すればよいことになる。なお、実際は、検出器205、206として、TDIイメージセンサや2次元リニアイメージセンサを用いる場合、光軸2001から最も離れてMTFが最も低下する画素は、検出領域4の角部（TDIイメージセンサの場合図38に示す角部に位置する画素205ac、206acが対応する。）に位置するものとなるため、上記 $x_0$ として、 $\sqrt{(H/2)^2 + (W/2)^2}$ にすることが望まれる。Wを無視することができれば、 $x_0 = (H/2)$ となる。HおよびWは、被検査対象基板上における検出領域4のx軸方向の幅（長さ）およびy軸方向の幅を示す。TDIイメージセンサや2次元リニアイメージセンサにおける受光領域（撮像領域）におけるx軸方向の幅は（ $H \times M$ ）、y軸方向の幅は（ $W \times M$ ）で示されることになる。なお、Mは、結像光学系201～204による結像倍率を示す。

【0064】以上説明したように、検出領域4のx軸方向の外周部（TDIイメージセンサや2次元リニアイメージセンサを用いる場合、光軸2001から最も離れた画素）を $x_0$ （ $= \sqrt{(H/2)^2 + (W/2)^2}$ ）または（ $H/2$ ）としたとき、照明光学系102～104によりほぼ $\sigma = x_0$ となるガウス分布の照度を有するスリット状のビーム光束1007に整形して被検査対象基板1に対して照明領域3（ $L_x$ 、 $L_y$ は照度 $f$ が $f(0)$ の0.2以上の領域を示す。）として照明することによって、パワーの大きな特殊な照明光源を用いることなく、安価な通常の照明光源（半導体レーザ、アルゴンレーザ、YAG-SHGレーザ、エキシマレーザ等のレーザ光源、キセノンランプ、水銀ランプ等の放電管、ハロゲンランプ等のフィラメント光源等からなる。）101を用いて、効率の良い照明を実現でき、その結果、検出光学系201～204によってMTFが最も低下する検出器205、206の周辺部における画素によって受光する微小な異物等の欠陥からの散乱光あるいは回折光強度を強くすることができ、 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度の微小異物は固より $0.1 \mu\text{m}$ 程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で（高スループット



で)検出することができる。なお、検出領域4の特にx軸方向の中央部と周辺部との間において照度が( $f(x) = 0.46f(0) \sim 0.73f(0)$ )の関係のように異なっている、画像処理部400において、被検査対象物1をy軸方向に移動させてTDIイメージセンサ等の検出器205、206から検出される検出領域におけるx軸方向の同じ画素列から得られる画像信号同志が比較されることになるので、中央部と周辺部との間における照度の相違の影響はほとんどないことになる。そして、画像処理部400において、被検査対象物1をy軸

10 方向に移動させてTDIイメージセンサ等の検出器205、206から検出される画像信号を元に、同じ回路パターンで繰り返されるチップ毎あるいはセル毎同志の差画像信号を抽出し、この抽出された差画像信号を所望の判定基準で判定することによって、異物等の欠陥を検出して検査することができる。

【0065】ここで、重要なことは、検出領域4の周辺部での照度(光量)をほぼ最大にすることであって、そのための手段は、上記実施の形態では、照明光学系102~104で照明の幅を変えているが、他の手段、たと

20 えば、照明光学系102~104によって照明の2次光源の形状を変える、あるいは、2次光源を形成するフーリエ変換の位置での大きさを変える等の手段であっても良い。また、照明光源101としてDUV(遠紫外線: Deep Ultra-violet)レーザ光源を使用するため、イメージセンサ205、206としてDUVに対して感度のあるものを用いる必要がある。しかし、イメージセンサ205、206として、図41

(a)に示す表面照射型TDIイメージセンサを用いると、入射光がカバーガラス805を透過し、金属膜802の間のゲート801にある酸化膜( $SiO_2$ )803を通過してSi基板804に形成されたCCDに入るため、短波長の入射光が減衰し400nm以下の波長に対して感度がほとんどなく、そのままではDUV光の検出はできない。そこで、表面照射型イメージセンサでDUVの感度を得るためには、ゲート801における酸化膜803を薄くして短波長の減衰を少なくする方法がある。他の方法としては、カバーガラス805に有機薄膜コーティングを施し、DUV光が入射されるとそれに

40 応じて可視光を発生するようにすることで、可視光にしか感度のないイメージセンサでDUV光を検出する方法がある。

【0066】これに対し、イメージセンサ205、206として、図41(b)に示す如く、Si基板804の厚さを薄くし、この薄くした裏側から光を入射するように構成した裏面照射型TDIイメージセンサを用いて、ゲート構造のない裏側から光を入射することによって、DVD量子効率を10%程度以上にして量子効率が高くダイナミックレンジが大きくとれ、400nm以下の波長にも感度を有するようになることができる。また、イ

メージセンサ205、206を、上記の如く、TDI(Time Delay Integration)にすることで、感度を大きくすることができる。以上説明したように、前記第4の実施の形態によれば、検出光学系201~204における光軸2001から離れるに従ってMTFが低下するのに適合させてTDIイメージセンサ等の検出器205、206で検出する検出領域4の周辺部における照度を増大させて照明の効率向上を図ることによって安価なレーザ光源等を用いて、LSIウエハ等の被検査対象基板上の0.1~0.5 $\mu m$ 程度の微小異物は固より0.1 $\mu m$ 程度以下の極微小な異物をも高感度で、且つ高スループットで検出することができる。また、前記第4の実施の形態によれば、被検査対象基板から得られるエキシマレーザ光等のUVD(遠紫外)レーザ光に基づく光像をTDIイメージセンサで受光できるようにして0.1~0.5 $\mu m$ 程度の微小異物は固より0.1 $\mu m$ 程度以下の極微小な異物をも検査することができる。

【0067】次に、本発明に係る上記第1~第4の実施の形態に共通する画像処理部400の実施例について説明する。実際の被検査対象基板1であるLSI等のデバイスでは、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により、検出器205、206から得られる検出信号にばらつきが乗ってくることになる。つまり、図27(a)に示すように、チップ71、72間の対応する画素、たとえば73、74の信号レベルは、同じにならず、ばらつきが生じる。具体的には、図27(b)に示すようなパターンの構造の違う場所(例えばメモリLSIの場合、メモリセル領域、周辺回路領域、その他の領域など)75、76、77等によって検出信号のばらつきは異なることになる。結果的に、ばらつきの小さな部分では、より小さな信号変化を生じさせる小さな欠陥を検出できるのに対し、大きなばらつきの部分では、大きな信号変化を生じさせる大きな欠陥しか検出できない。そこで、本発明に係る画像処理部400の特徴とするところは、チップ内の画素ごとに対応するチップ間でばらつき(標準偏差)を算出し、その値を閾値の設定に用いることにより、ばらつきの小さな領域は小さな閾値で、大きな領域は大きな閾値で異物等の欠陥の判定をして検査するようにしてた点にある。これにより、ばらつきの小さい場所(例えばメモリLSIの場合メモリセル領域)での閾値を、ばらつきの大きな領域に影響されことなく小さくすることができ、その結果、0.1 $\mu m$ 以下の微細な異物をも検出することが可能となる。

【0068】図28には、画像処理部400の第1の実施例を示す。画像処理部400の第1の実施例は、TDIイメージセンサ等から構成されるイメージセンサ205、206から被検査対象基板1のy軸方向の移動に同期して得られる列画素ごとに蓄積された濃淡値で示され

る画像信号をAD変換するA/D変換部401、サンプリングのタイミングを取るスタートストップ指令回路416、データメモリ404、最大および最小のレベルの信号を除去する最大最小除去回路405、信号レベルsの2乗を算出する2乗算回路406、信号レベルsを算出する算出回路407、個数カウント回路408、sの2乗を積分する2乗和算出回路409、sを積分する和算出回路410、積分してnを求める計数回路411、正側閾値(上限判定基準)算出回路412、負側閾値(下限判定基準)算出回路413、データメモリ404に一時記憶された検出信号を正側閾値算出回路412で算出されて設定された正側閾値と比較して異物等の欠陥を示す信号を出力する比較回路414、データメモリ404に一時記憶された検出信号を負側閾値算出回路413で算出されて設定された負側閾値と比較して異物等の欠陥を示す信号を出力する比較回路415、上記比較回路414および415から出力される異物等の欠陥を示す信号に対して被検査対象基板1に対して設定された座標系における位置座標を付加し、更に被検査対象基板1に関する情報も付けて検出結果を出力する出力手段417より構成される。なお、上記最大最小除去回路405は、必ずしも必要としない。上記最大最小除去回路405を用いない場合、しきい値のレベルの算出において検出される全ての画像データ(異物を示す画像データも含む。)を用いることになるので、しきい値のレベルを正確かつ安定に検出できる。その反面、この作成したしきい値で、このしきい値を作成した領域の異物の検査を行なうことができなくなる。そこで、検査したい領域のしきい値は、被検査対象基板1内の別のチップ列の対応する領域で作成することが必要となる。その結果、しきい値作成と異物の検査とを別ラインにする必要が生じて、スループットが多少多めにかかることになる。特に、チップ数の少ない場合等では、複数のラインに亘る画像データを用いてしきい値を作成すると良い。この場合、スタートストップ指令手段416によりデータ取り込み位置を指定する。

【0069】また、出力手段417には、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の全体を制御するCPUが備えられている。そして、406~411までは、チップ内の所定領域毎の背景信号のばらつき $\sigma$ を求めるためのものである。そして、求められたチップ内の所定領域毎の背景信号のばらつき $\sigma$ を元に正側閾値算出回路412と負側閾値算出回路413によって、異物等の欠陥を示す信号を抽出するための正側と負側の閾値 $Th(H)$ 、 $Th(L)$ が設定されることになる。これら406~413までが、閾値設定回路424となる。一方、データメモリ404は、閾値設定回路424によって閾値が設定されるまで、検出デジタル画像信号を一時記憶しておくためのものである。また、被検査対象基板1に対して設定された座標系における位置座標は、被検査対象基板1に設

けられた基準マークを原点にして、測長器(図示せず)によって測定されたステージの変位とTDIセンサ等の読み出し信号(走査信号)とに基づいて求められるものである。また、421は、ばらつき(標準偏差 $\sigma$ )を示す正側閾値 $Th(H)$ を例えば表示手段に表示して出力するための出力手段である。該表示手段421を設けることによって、比較回路414および415から抽出される異物等の欠陥抽出出力を見ながら、閾値がチップ内の領域毎に適切であるか否か判定することが可能となる。

【0070】ここで、検出結果出力手段417は、CRT等のディスプレイに表示するもの、ハードコピーとして印刷するもの、ハードディスク、フロッピディスク、光磁気記録媒体、光記録媒体、LSIメモリ、LSIメモリカード等に記録するもの、他の検査装置または検査システムまたは製造プロセス装置や製造ラインを管理している管理システムに接続されているネットワークも含むものである。しかも、出力手段417には、本発明に係る異物等の欠陥検査装置の全体を制御するCPUが備えられている。ここで、A/D変換器401は、TDIセンサ等の検出器205、206から出力される信号をデジタル信号で現される画素信号に変換するものである。そして、A/D変換器401は、検出信号処理系400の中の同一基板内であってもあるいは、検出光学系200内のTDIセンサ等の検出器205、206の近くであってもよい。検出器205、206の近くにおく場合は、デジタル化されるため、電送時のノイズが減る効果がある一方、信号電送ケーブル数が増えるというデメリットもある。

【0071】ここで、閾値設定回路424で行う信号処理内容について図27を用いて説明する。図27(a)には、ウエハ1上のチップ71、72等の配列例を示している。多くのLSI製造では、これらチップは、同一のものを繰り返して製造する。時として、一回の露光で複数(2から4等)のチップを同時に製造する場合もある。従って、これらチップ間の同一位置では、同一のパターンが製作されている。従って、これらのチップの対応位置の検出信号は、本来は同一である。このチップ(f,g)の中の画素(i,j)の信号を $s(i,j,f,g)$ とする。上記のように、対応画素では、信号レベルは一致するはずである。

【0072】しかしながら、実際には、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により、チップ間の対応する画素の検出信号sにばらつきが生じることになる。しかも、チップ内においても、パターンの構造が違う場所で、ばらつきが異なることになる。そこで、次に示す(数8)式に基づいて、チップの対応位置間の検出信号 $s((i,j,f,g))$ のばらつき(標準偏差 $\sigma(s,f,g)$ )を求めて閾値 $Th(H)$ 、 $Th(L)$ を設定することになる。

$$Th(H) = \mu(s, f, g) + m1 \cdot \sigma(s(i, j, f, g), f, g)$$

$$Th(L) = \mu(s, f, g) - m1 \cdot \sigma(s(i, j, f, g), f, g) \quad (\text{数8})$$

ここで、 $Th(H)$ は、正側の閾値算出回路412で算出されて設定される閾値、 $Th(L)$ は、負側の閾値算出回路413で算出されて設定される閾値である。 $\mu$

$\sigma(s, f, g)$ は、次に示す(数9)式に基づいて算出される信号 $s$ の $f, g$ の値を変えた時の平均値である。

【0073】

$$\mu(s, f, g) = \Sigma s / n$$

(数9)

$\Sigma s(i, j, f, g)$ は、信号レベル $s$ を算出する算出回路407と $s$ を積分する積分回路410とによって算出され、 $n$ は個数カウント回路408と計数回路411とによって算出される。 $\sigma(s, f, g)$ は、次に示す

※(数10)式に基づいて算出される信号 $s$ の $f, g$ の値を変えた時の標準偏差を示す。 $m1$ は倍率(係数)である。

※10

$$\sigma(s, f, g) = \sqrt{(\Sigma s^2 / n - \Sigma s / n)^2}$$

(数10)

$\Sigma s(i, j, f, g)^2$ は、信号レベル $s$ の2乗を算出する回路406と $s$ の2乗を積分する回路409とによって算出される。このように標準偏差 $\sigma(s, f, g)$ を数倍したところにしきい値を引く。倍率 $m1$ は、通常6程度が良いと考えられる。これは、 $6\sigma$ 以上の発生確率が、 $1 \times 10^{-6}$ の(−11)乗程度になるからである。この確率は、たとえば、 $\phi 300\text{mm}$ のウエハ内を画素サイズ $2 \times 2 \mu\text{m}$ で検出した際の画像数が $7 \times 10^6$ の10乗で有るため、このしきい値を越える値(虚報)が統計的にウエハ全域で、1画素未満になることから求めたものである。もちろん、この値は、必ずしも6にする必要のあるものではなく、本発明の効果を発揮する上では、別の値であっても良いことは言うまでもない。許容される虚報の数も1未満で有る必要は必ずしもないことから別の倍率が選択される可能性はある。

★

【0074】図4には、画像処理部400の第2の実施例を示す。第1の実施例と相違する点は、データメモリ402によって1チップの画像信号を遅延させ、差分処理回路403においてチップ間の画像信号に差分 $\Delta s = \{s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)\}$ を抽出をすることにある。従って、比較回路414、415においては、この差分信号 $\Delta s = \{s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)\}$ に対して次に示す(数11)式で示される上限閾値 $Th(H)$ と下限閾値 $Th(L)$ と比較されて異物等の欠陥を示す信号が抽出されることになる。したがって、406～413の閾値設定回路においては、次に示す(数11)式に基づいて上限閾値 $Th(H)$ 、下限閾値 $Th(L)$ が設定されることになる。

★ 【0075】

$$Th(H) = +m1 \cdot \sigma(s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g), f, g)$$

$$Th(L) = -m1 \cdot \sigma(s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g), f, g)$$

(数11)

なお、この場合、隣接チップの差画像の標準偏差 $\sigma(\Delta s, f, g)$ は、次に示す(数12)式に基いて算出される。 $\Sigma \Delta s$ は、信号レベル $\Delta s$ を算出する算出回路407と $\Delta s$ を積分する積分回路410とによって算出さ

30 ☆ れ、 $n$ は個数カウント回路408と計数回路411とによって算出される。 $\Sigma \Delta s^2$ は、信号レベル $\Delta s$ の2乗を算出する2乗算出回路406と $\Delta s$ の2乗を積分する2乗積分回路409とによって算出される。

$$\sigma(\Delta s, f, g) = \sqrt{(\Sigma \Delta s^2 / n - \Sigma \Delta s / n)^2}$$

(数12)

このように隣接チップの差画像 $\Delta s$ を用いることで、チップ内において検出画像信号に分布を有していても、標準偏差 $\sigma$ が小さくなり、より高感度の異物等の欠陥検査が可能となる。

【0076】また、たとえば、ウエハ内で、中心から周囲に向かって段階的にプロセス条件が異なった場合、ウエハ面内の信号レベルは中心から周囲に向かって段階的に変化する。この結果、(数8)式による閾値の算出では、ばらつき(標準偏差 $\sigma(s, f, g)$ )が大きくなり算出

◆ されることになる。このような場合、隣接チップ間のみ信号差のばらつき(標準偏差 $\sigma(\Delta s, f, g)$ )は、実際には(数8)式ほど小さくなく、現実にはさらに小さなしきい値で検出可能である。そこで、(数11)式および(数12)式のように差分値 $\Delta s$ に基いて算出する事により、より低いレベルのしきい値を引くことを可能とするものである。また、この手法の改善手法として、閾値を次に示す(数13)式で、算出しても良い。

$$Th = m1 \cdot \sigma(|s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)|, f, g) \quad (\text{数13})$$

ここで、 $| \Delta s |$ は、差分信号 $\Delta s$ の絶対値を意味する。この場合、図29および図30に示す差分処理回路を、隣接チップの差画像の絶対値 $| \Delta s |$ を取る絶対値差分処理回路403'とすることになる。また、閾値算出回路423は、閾値の絶対値 $Th$ が算出されて設定されることになる。また、比較回路414において、差分の絶

\* 対値と閾値 $Th$ とが比較されて異物等の欠陥の信号が抽出されることになる。

【0077】なお、この場合、隣接チップの差画像の標準偏差 $\sigma(| \Delta s |, f, g)$ は、次に示す(数14)式に基いて算出される。 $\Sigma | \Delta s |$ は、信号レベル $| \Delta s |$ を算出する算出回路407と $| \Delta s |$ を積分する積分

\* 50

回路410とによって算出される。

$$\sigma(|\Delta s|, f, g) = \sqrt{(\Sigma \Delta s^2 / n - \Sigma |\Delta s| / n)} \quad (\text{数14})$$

ところで、図30に示す第4の実施例は、図29に示す第3の実施例に対して、メモリ位置コントローラ422を付加したものである。このメモリ位置コントローラ422は、検出信号sまたは差分信号 $\Delta s$ に対するウエハ上の座標を指定するものである。即ち、標準偏差 $\sigma$ を求めるチップ間の画素をウエハ上の座標を基に任意に指定することができる。また、ウエハ上の座標を任意に指定することができることから、チップ間の着目画素の周辺同志から標準偏差 $\sigma$ を求めることも可能となる。図29に示す第3の実施例では、ウエハ上の位置座標は、信号数のカウント結果から算出されている。この場合、標準偏差 $\sigma$ を求めるチップが横一列に並んでいる場合はよいが、2列のチップの対応点から標準偏差を求めることができない。

【0078】そこで、第3の実施例のように、メモリ位置コントローラ422が、ステージコントローラ305から得られるステージ座標系等の信号から、流れてきている検出信号sまたは差分信号 $\Delta s$ の位置座標を算出し、その算出された結果を、メモリ機能を有する2乗和算回路409、和算回路410、および計数回路411に提供することにより、信号の格納先、つまり検出信号の座標上に格納する。この構成により、ウエハ周辺で、一列でチップ数が少ない場合にも標準偏差算出のサンプル数を増やすことができ、閾値算出回路423において安定した閾値算出が可能となる。

【0079】以上説明したように、差分処理回路403において差分の絶対値にすれば、符号を持たないため、メモリ404などの容量を低減できる効果がある。また、絶対値を算出した結果から、算出された標準偏差 $\sigma$ は差分値からの算出結果より小さく算出され、発生確率を $1 \times 10$ の $(-11)$ 乗にするためには、すなわち正規分布上で $6\sigma$ にするためには、約1.66倍大きな倍率である約10倍する必要がある。 $\sigma$ が差分値からの算出より0.6倍に小さく算出されると考えても良い。またこの手法では、信号レベルsに対する閾値が残らないため、プロセス管理、不良解析上問題になる。そこで、図29および図30に示すようにチップ内の位置(i, j)の閾値のレベルをしきい値マップとして算出する回路を有する。この回路において、しきい値マップは、閾値算出回路423において(数14)式に基いて得られる標準偏差 $\sigma \times m1$ (倍率)、および平均値算出回路425において算出される差分信号の絶対値の平均値 $\Sigma |\Delta s| / n$ を用い、検出画像信号sまたは差分信号 $\Delta s$ に対する閾値算出回路418によりこれらの値の和 $(m1 \times \sigma) + \Sigma |\Delta s| / n$ を求めることで算出される。この結果は、ステージ301、302およびセンサ205、206の位置から算出される位置データ(i, j)に応じて、チップ全域の各画素(i, j)に対応す\*50

\*メモリを持つ閾値マップ格納手段419内に格納され、閾値マップ出力手段(表示手段等)421によりユーザの必要に応じて表示などとして出力される。また、表示手段421において、比較回路414から抽出される異物等の欠陥出力と閾値マップとを表示して閾値が適切であるかどうかを判定することができる。また、閾値マップの情報を出力手段417に提供することによって、比較回路414から抽出される異物等の欠陥出力と閾値マップとを出力することが可能となる。

【0080】この閾値レベルは、下地の状況に関連しているため、たとえば下地が、縞り返しパターンなのか、面あれのひどいエリアなのか、膜厚の薄いエリアなのか、パターン寸法の小さいエリアなのかといった情報と対応する。従って、検出した異物が、どのレベルの閾値に対して検出されたかを分析することは重要である。従って、たとえば、検出異物データとして、異物信号レベルに付加する形で、その異物があつた位置の閾値を表示手段421に表示するなどとして出力することは意味のあることである。このためには、ここで算出された閾値マップが必要となる。

【0081】ちなみに、異物の信号レベルsは、(差分値+閾値)ではなく、差分値 $\Delta s$ がこれに当たると考えられる。

【0082】また、異物が検出された位置の下地データとしては、上記の閾値のレベルだけでなく、あらかじめ、設計データから求められた、たとえば、チップ内の領域(メモリエリア、論理回路エリア、電源供給エリア、配線の無いエリア等)の情報で有っても良い。このためには、設計データから算出されたチップ内のエリアマップを作成し、このチップ内の座標から閾値データのように異物表示時にコード化してあるいは、言葉として表示などとして出力しても良い。また、上記いずれもの下地データは、下地データごとの異物マップ、下地データごとの異物数という形で、表示などとして出力しても良い。以上、本発明の基本思想は、信号のばらつきの大きさを求め、この求められた信号のばらつきの大きさに応じてしきい値を決定するものであり、あらかじめ、数チップのデータを取り込んで、その値からチップ内の各画素ごとに閾値設定回路424で閾値を算出してもよい。この際この算出は、同一品種のLSIの同一工程であらかじめ算出し、その結果を、検査時に閾値設定回路424内の閾値メモリに読み込んで、比較回路414、415において順次入ってくる信号レベルと比較する構成であっても良い。また、このしきい値算出用のデータを、ロット(13枚から25枚のウエハ)ごとに1回算出しても良いし、ウエハごとに算出しても良い。

【0083】なお、本発明では、上記に説明したようにしきい値レベルが下地の状態で変わるため、しきい値レ

ベルは下地の状態を示していることになる。つまり、出力手段417であるCPUは、異物等の欠陥を示す信号を、しきい値マップ格納手段419から得られるしきい値レベルで分類すると、異物等の欠陥がどのような下地上に付着・存在していたかを知ることができる。この下地の状態とは、例えばパターンがない領域、セル部の領域、周辺パターン部等の分類ができることになる。また、出力手段417であるCPUに対して、CADシステム等から、ネットワークや記憶媒体等で構成された入力手段426を用いて入力されたCAD情報に基づいて得られる図1あるいは図2に示したようなチップ内の領域データをを用いれば、さらに直接的に、異物等の欠陥が存在した下地の状態を知ることができる。ここで、領域データを使わずに、上記の下地の信号レベル(しきい値レベル)から下地の状態を類推する手法は、事前に、チップ内の領域を設定しなくても良いという効果がある。この場合、CPU417は、一度、チップ全域のしきい値レベルをしきい値マップ格納手段419に格納されたしきい値マップより求め、そのしきい値レベルの大小から、下地のレベルを領域(例えばセル部等)として分類することができる。ここで、このしきい値レベルからの領域判定は、隣接チップ間の差分 $\Delta s$ を用いた場合でも、信号レベルそのものから算出した場合でも可能であ\*

$$\sigma(\Delta s, f, g) = \sqrt{(\Sigma \Delta s^2 / 8 - \Sigma \Delta s / 8)} \quad (\text{数15})$$

そして、比較手段414、415において、設定された閾値 $Th(H)$ 、 $Th(L)$ と先のウィンドウの中央の値( $\Delta s(i, j, f, g)$ )と比較することにより異物等の欠陥を抽出する。ここでのウィンドウサイズは、必ずしも図示したような $3 \times 3$ である必要はなく、 $4 \times 4$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 等他の大きさであってもよく、あるいは複数のウィンドウサイズに対して算出するように構成してもよい。また、被検査対象は中央の値である必要はなく、ウィンドウ内のいずれか、あるいは複数の画素の平均、和等と比較してもよい。ウィンドウサイズは、検出すべき異物サイズ、あるいは背景パターンのパターン形状に応じて決定されるべきものである。

【0086】次に、演算処理部400の絶対感度の閾値を設けた場合の第6の実施例について説明する。上記 ※

$$ss' = ss / (P1 \cdot ND \cdot k \cdot rb \cdot k(t)) \quad (\text{数16})$$

この様にして算出された補正信号レベル $ss'$ を用い、あらかじめ求めた信号レベル $ss$ と異物・欠陥サイズ $d$ との対応関数 $df(ss)$ により、異物サイズ $d$ を表示★

$$d = df(ss')$$

ここで、特に異物が小さい場合、Mie散乱の理論を用い、補正された信号レベル $ss'$ が、異物サイズ $d$ の6乗に比例するという関係を用いても良い。

【0088】次に、演算処理回路400において、微小異物はもとより、広がりをもった大きな異物についても高 $S/N$ 比で欠陥判定する実施例について説明する。ところで、演算処理回路400の欠陥判定する比較回路4

\*る。このように、CPU417は、下地状態を知った上で、例えば、セル部上の異物あるいは欠陥のみを検出し、出力し、管理することができる。

【0084】次に、演算処理回路400の第5の実施例について、図31を用いて説明する。即ち、第5の実施例は、隣接チップのデータ(検出信号 $s$ )の差分値 $\Delta s$ を算出した後、対象画素の周囲のデータのばらつき(標準偏差 $\sigma(\Delta s, f, g)$ )を求めるものである。この第5の実施例は、遅延メモリ425、426、およびウィンドウ切り出し回路427により構成され、いわゆるパイプライン処理系を用いて構成される。406~413によりウィンドウの中央の値( $\Delta s(i, j, f, g)$ )を除いた周辺画素の値( $\Delta s(i+1, j+1, f, g)$ 、 $\Delta s(i+1, j, f, g)$ 、 $\Delta s(i+1, j-1, f, g)$ 、 $\Delta s(i, j-1, f, g)$ 、 $\Delta s(i-1, j-1, f, g)$ 、 $\Delta s(i-1, j, f, g)$ 、 $\Delta s(i-1, j+1, f, g)$ 、 $\Delta s(i, j+1, f, g)$ )により次に示す(数15)式に基づいてばらつき $\sigma(\Delta s, f, g)$ を算出し、この算出された $\sigma$ を基に閾値 $Th(H)$ 、 $Th(L)$ を算出して設定する。

【0085】

※(数13)式に基づいて絶対感度の閾値をもうけることにより、LSI製造工程での異物あるいは欠陥の管理サイズを、工程間で同一にできる。検出信号処理回路400で検出された検出結果(異物の座標、信号レベル(差分レベル))の内、CPU417において、信号レベル(差分値 $ss$ が望ましい)に対して、いずれのレベルなのかを補正する。具体的には、検査時の、レーザパワー $P1$ 、NDフィルターの値 $ND(\%)$ 、偏光板の有無 $k$ (有りの場合1、無しの場合10程度が望ましい)、下地の反射率 $rb$ 、酸化膜の厚さによる補正係数 $k(t)$ として、以下の(数16)式により補正された信号レベル $ss'$ を用いると良い。尚、レーザパワーは、照明位置で分布(いわゆるシェーディング)を持つためこの分布 $P1(x)$ を用いるとさらによい。

40★手段421により表示することができる。

【0087】

(数17)

☆14、415では、必ずしも微小異物だけではなく、大きなあるいは数ミクロンの範囲に広がった薄膜状の異物を見逃しすることなく検出する必要がある。しかし、この大異物からは、必ずしも、検出信号レベルとしては大きくならないために、画素単位の検出信号では、 $S/N$ が低く、見逃しが生じることになる。そこで、1画素平均の検出信号レベルを $S$ とし、平均のばらつきを $\sigma/n$

とすると、大異物の大きさに相当する $n$ 画素 $\times n$ 画素の単位で切出して畳み込み演算をすることによって、検出信号レベルは $n^2 S$ となり、ばらつきは $n\sigma$ となり、 $S/N$ 比は、 $nS/\sigma$ となる。他方、大異物について1画素単位で検出しようとする、検出信号レベルは $S$ となり、ばらつきは $\sigma$ となり、 $S/N$ 比は、 $S/\sigma$ となる。従って、大異物の大きさに相当する $n$ 画素 $\times n$ 画素の単位で切出して畳み込み演算をすることによって、 $S/N$ 比は、 $n$ 倍向上させることができる。1画素単位程度の微小異物については、1画素単位で検出される検出信号レベルは $S$ となり、ばらつきは $\sigma$ となり、 $S/N$ 比は、 $S/\sigma$ となる。仮に、1画素単位程度の微小異物について $n$ 画素 $\times n$ 画素の単位で切出して畳み込み演算をすると、検出信号レベルは $S/n^2$ となり、ばらつきは $n\sigma$ となり、 $S/N$ 比は、 $S/n\sigma$ となる。従って、1画素単位程度の微小異物については、画素単位の信号そのままの方が、 $S/N$ 比として向上が図れる。

【0089】以上説明したことから明らかなように、図52に示すように、画像メモリ404から得られる画像信号を、欠陥判定のための画素単位のサイズを変えた複数のオペレータ520（例えば、1画素単位のオペレータ521、 $3\times 3$ 画素の単位で切出すオペレータ522、 $4\times 4$ 画素の単位で切出すオペレータ523、 $5\times 5$ 画素の単位で切出すオペレータ524、 $n\times n$ 画素の単位で切出すオペレータ525等から構成される。）の各々において切出し、切出された各オペレータにおいて畳み込み演算を施して1画素平均の検出信号レベルを $S$ としたとき、 $S$ 、 $9S$ 、 $16S$ 、 $25S$ 、 $n^2 S$ のレベルの階調信号が中央の画素から出力されることになる。他方、掛け算回路541、542、543、544の各々は、閾値設定回路424の閾値回路423から得られるしきい値（ $m1 \cdot \sigma$ ）を、3倍、4倍、5倍、 $n$ 倍する。この近似的しきい値係数3、4、5、 $n$ は、中心極限定理より推定される。そして、比較回路414'を構成する比較回路531、532、533、534、535の各々において、各オペレータにおいて畳み込み演算が施された階調信号と、しきい値（ $m1 \cdot \sigma$ ）に対して3倍、4倍、5倍、 $n$ 倍されたしきい値と比較されて欠陥判定が行なわれ、異物を示す信号が出力されることになる。即ち、1画素単位程度の微小異物については比較回路531から、 $3\times 3$ 画素単位程度の大きさの異物については比較回路532から、 $4\times 4$ 画素単位程度の大きさの異物については比較回路533から、 $5\times 5$ 画素単位程度の大きさの異物については比較回路534から、 $n\times n$ 画素単位程度の大きさの異物については比較回路535から検出されることになる。従って、論理和回路550で比較回路531～535の各々から検出される異物を示す信号の論理和をとることによって、様々な大きさを有する異物を示す信号が高い $S/N$ 比でもって検出され、検出信号レベルとしては小さく、しかも広

がりを持った大きな異物についても捕捉率を向上させることができる。

【0090】なお、差分処理回路403'の後に、上記のように欠陥判定のための画素単位のサイズを変更できるオペレータを備え、画素単位のサイズを変更する都度、画素信号を積分して出力するようにすれば、比較回路414'からは、変更した画素単位のサイズに合った大きさの異物を示す信号が検出されることになる。しかし、この場合、画素単位のサイズを変更する複数回検査することが必要となるが、しきい値としては正確な値が設定されることになる。また、差分処理回路403'の後に、欠陥判定のための画素単位のサイズを変更できる複数のオペレータを備える場合には、画像メモリ404の記憶容量が複数倍必要とする。また、閾値設定回路424としては、複数設けてもよく、また閾値設定回路424の閾値回路423から得られるしきい値（ $m1 \cdot \sigma$ ）に対して近似的しきい値係数を掛けてしきい値を求めてもよい。以上説明したように、比較回路414'において、矩形関数を畳み込むもしくは積分する欠陥判定のための画素単位のサイズを、検出したい異物のサイズに合わせることによって、検出信号レベルとしては小さく、しかも広がりを持った大きな異物を正確に捕捉することが可能となる。

【0091】次に、本発明に係る異物等の欠陥検査装置における条件だし手法についての実施例について図42～図46を用いて説明する。即ち、本発明に係る異物等の欠陥検査装置は、図42に示すような条件出しのシーケンスを持っていて、このシーケンスで作られた検査条件により、検査が実行される。即ち、CPU417は、ステップS41において、表示手段421に、図43に示すような各種モード選択用の画面を表示し、キーボードやマウス等の入力手段426を用いてウエハ内のチップマトリックス（チップの大きさ、チップの開始点座標、およびチップがない等のチップ配列のデータ）S411、条件だしモード（a. エリア優先、b. 標準、c. 感度優先、d. 感度表示後選択）S412、しきい値事前選択（a.  $m1=6$ ：虚報発生確率00%、b.  $m1=10$ ：虚報発生確率00%、c.  $m1=15$ ：虚報発生確率00%）S413等のモードを選択する。条件だしモードS411において、a. エリア優先とは、例えば照明光のパワーを弱くすることにより、標準モードよりも広い面積で比較的大きな異物が検査できる検査条件モードである。背景レベルが飽和した領域は、実質的に非検査領域になってしまうわけだが、エリア優先とは、非検査領域の面積を例えば5%以下に設定されればよい。図45においては、エリア優先は、全ての面積から $2.5\mu m$ 程度の異物が検査できる場合を示している。

【0092】b. 標準とは、標準の感度で異物を検査できる検査条件モードである。図45においては、標準

は、全体の検査面積の90%程度から1.0 $\mu$ m程度の異物が検査でき、しかも0.2 $\mu$ m程度の異物まで検査できる標準モードを示している。

【0093】c. 感度優先とは、標準モードより微小な異物を検出できるように感度を高くするように設定したモードか、あるいは指定した検出感度を確保できるように設定された検査条件モードである。図45においては、感度優先は、検出全体の検査面積の75%程度から0.5 $\mu$ m程度の異物が検査でき、しかも0.1 $\mu$ mまでの異物の検査ができるモードを示している。具体的には、照明光のパワーを上げることにより、検出サイズ指定で指定された異物より小さな異物（図45においては、0.1 $\mu$ m程度）を検出できるような検査条件、あるいは指定した検出感度（図45においては、0.5 $\mu$ m程度の異物が検査面積で75%以上）を確保できるレベルに照明光のパワーを設定する。

【0094】d. 感度表示後選択とは、上記3つのモードでの検査結果、あるいはチップ内のしきい値マップ、あるいは異物のサイズ（しきい値に対応する感度）と検査面積（しきい値ヒストグラム）との関係を表示し、適当なものを選択するモードである。エリア優先が照明光のパワーを最も弱めてダイナミックレンジを高め、標準、感度優先に行くに従って、照明光のパワーを強めてダイナミックレンジを低くしていくことになる。従って、しきい値マップにおいて、エリア優先モードの場合には、異物が検出できない非検査領域は少ないが、0.5 $\mu$ m程度までの異物しか検査することができない。標準モードの場合には、図45に白で表示された異物が検出できない飽和する非検査領域は多くなるが、0.2 $\mu$ m程度の異物まで検査できることになる。感度優先モードの場合では、図45に白で表示された異物が検出できない飽和する非検査領域は更に増大することになるが、0.1 $\mu$ m程度の異物まで検査できることになる。なお、しきい値ヒストグラムには、感度に対する面積比率471とその積分値472とを示していて、何れの値を表示してもよい。しきい値事前設定の選択は、表示された虚報の発生確率（発生頻度）00%を見て許容する虚報の発生確率から行なうことができる。即ち、前記した如く、しきい値が検出画像のレベルのばらつき $\sigma$ から設定されるので、倍率m1に応じて虚報の発生確率00%を統計理論に基づいて自動的に算出して表示することが可能となる。これにより、虚報の発生確率に応じた倍率m1、即ちしきい値設定が容易に行なうことができる。

【0095】次に、CPU417は、ステップS42において、選択されたウエハ内の回路パターン構造に応じた空間フィルタ202を手動または自動で設定し、ステップS43において、図46に示すように、該空間フィルタ202の像をフィルタ位置にピントを合わせた結像光学系227およびTVカメラ228による像により目視観察または自動で確認を行ない、NOの場合にはステ

ップS42に戻って再度空間フィルタ202の設定を行ない、YESの場合には次のステップへ進む。空間フィルタ202としては、遮光パターンの位相とピッチとを変えられるように構成される。なお、図46に示すように、ハーフミラー226、結像レンズ227、およびTVカメラ228から構成された空間フィルタ観察光学系と、ビームスプリッタ204とを一体に構成したもの225を、矢印230で示すように切替え可能に構成する。即ち、通常異物を検出する場合には、ビームスプリッタ204を検出光軸に位置付け、空間フィルタ観察時にはハーフミラー226を検出光軸に位置付けるように切替えることになる。そして、自動の場合には、図19(b)に示すと同様に開口20a内に検出される遮光パターンおよび回折光をTVカメラ228によって撮像することによって、遮光パターンの位相とピッチとを回折光を遮光するように合わせることができる。また、TVカメラ228の位置を矢印229で示すようにずらすことによって、被検査対象基板における回路パターンの像も観察して遮光パターンの方向性についても合わせることができる。

【0096】次に、CPU417は、ステップS44において、しきい値Thを設定するための標準偏差 $\sigma$ に対する倍率（係数）m1を6~15程度の範囲で入力手段426を用いて入力することにより設定する。次に、CPU417は、ステップS45において、入力手段426を用いて異物の検出サイズを入力することにより、検出サイズの指定S451が行なわれ、この指定されたサイズの異物が検出可能なレーザパワーを算出し、この算出されたレーザパワーになるようにレーザ光源101を制御信号430によって制御することによって設定される。次に、CPU417は、ステップS46において、チップの一部あるいは全域のしきい値を作成するために、ウエハ上を走査・検査し、閾値算出手段418で算出されたしきい値マップをしきい値マップ格納手段419に格納し、図44および図45に示すしきい値マップ（しきい値画像）、あるいはしきい値ヒストグラム（感度（例えば横軸）とその感度を持つ検査面積との関係）、あるいはこのヒストグラムを積分した形で表示したもの（図45）を、表示手段421に表示し、該表示されたしきい値マップ等に基づいてしきい値が所望のレベル（検出したい異物サイズ）にあるかどうかの感度を確認し、NOの場合にはステップS45に戻って再度検出サイズの指定を行ない、YESの場合には、次のステップに進むことになる。

【0097】次に、CPU417は、ステップS47において、ウエハ全域を検査し、一部に虚報が出てくる領域があれば、場合によっては、この領域を非検査領域（インヒビット領域）として、チップ内のCAD情報またはしきい値マップの情報に基づいて設定する。その後、ステップS48において、CPU417からの指令

に基づいて、被検査対象基板1に対して異物等の検査を行い、演算処理回路400において、異物等の欠陥と判断された場合には、その検出信号レベルと検出座標とが記憶装置427に格納されることになる。次に、ステップS49において、最終的に、上記異物検査装置と並設される共焦点顕微鏡もしくは紫外線顕微鏡等から構成される光学観察顕微鏡700を用いて実際の被検査対象基板1を光学的に観察し、異物などの欠陥なのか虚報なのかの可否の確認を実施する。この確認によって、初めて、条件だしが最適に設定できていたか否かの確認をすることができることになる。特に、被検査対象基板1上のチップ内には、微細な複雑な回路パターンが存在する部分や色むらが発生する部分が混在することになり、光学観察顕微鏡700を用いて条件だしの最終確認をする必要がある。そして、ステップS49における虚報確認において、NOの場合には、ステップS50において、場合によって、しきい値設定用の倍率(係数)m1を増加、減少させてステップS45に戻り、必要に応じてレーザーパワーを変える。YESの場合には、条件だしが完了する。

【0098】ここで、上記手順は、一部を割愛しても、あるいは順序を入れ替えても目的を達成することができる。以上説明したように、所望の検出したい異物サイズ(感度)に対する最適な条件だしの設定を容易に、且つ短時間でこなうことができる。なお、ステップS49における光学観察は、ステージ301、302を動かすことにより、図46に示す光学観察顕微鏡700の検出光学系701の位置に、被検査対象物1上の検出した異物(虚報も含む)を移動させ、この画像を観察するものである。本発明の検出系200では、高解像度の結像光学系を有しているため、この移動の際の座標精度が高いため(特に暗視野照明系102~105では、検出光学系200の解像限界よりも小さな異物を検出可能なため)、通常の顕微鏡では、観察できない場合が多い。そこで、この光学観察顕微鏡700は、極めて解像度の高い、例えば共焦点光学系、あるいは照明波長の短い(例えば、248nm、365nm、266nm、あるいはこれらの近辺の波長、紫外線あるいは遠紫外線)の照明を有する光学系で有ることが望ましい。即ち、光学観察光学系700は、このように、200nm前後の波長の画像では、電子線顕微鏡画像に近い画像が得られ、異物等の欠陥サイズを高精度に求めたり、異物等の欠陥の形状などを分類することも可能なる。なお、図46には、光学観察顕微鏡700の構成を示す。明視野あるいは暗視野紫外線照射光学系と図41に示す紫外線検知可能なTDIセンサとを有する検出光学系701と、該検出光学系701のTDIセンサから検出される画像をA/D変換などを行なう画像処理系702と、該画像処理系702でA/D変換された画像を、演算処理回路400から検出された異物(虚報と思われるもの)の座標データ

に基づくアドレスに記憶する画像メモリ704と、画像を表示する表示手段703とで構成される。従って、演算処理回路400から検出された異物(虚報と思われるもの)の座標データに基づいてステージ301、302が制御され、虚報と思われる画像を表示手段703に表示して観察することによって、光学観察顕微鏡700による虚報の確認をすることができる。即ち、記憶装置427に格納された検出座標の位置を、光学観察顕微鏡700の視野内にステージ301、302を移動し、光学観察顕微鏡700により視野内の画像を検出して表示手段703に表示、もしくは画像メモリ704に数値画像データとして格納する。このデータは、必要ときに再度表示することもできる。また、画像メモリ704に格納されたデータは、演算処理回路400のCPU417に提供することを可能にし、他の異物検査装置から転送された画像データと共に後で観察することができる。何れにしても、光学観察顕微鏡700としては、上記高解像度を有する明視野顕微鏡視や、上記照明光学系100を持つ暗視野顕微鏡や、インコヒーレント照明を持つ暗視野顕微鏡や、位相差顕微鏡や、共焦点顕微鏡でもかまわない。

【0099】また、上記条件だしにおいて、ステップS41におけるチップマトリックスと、ステップS45における検査したい異物サイズとを入力して設定するだけで、条件だしを完了させることができる。すなわち、チップマトリックスと異物サイズ(異物サイズに応じた感度でも良い。)の入力設定は、条件だしにおける必須設定条件である。また、ステップS43におけるフィルタ確認、ステップS44における倍率m1の設定、ステップS46における感度確認、ステップS47におけるインヒビット(非検査領域)の設定、およびステップS49における虚報確認は、オプション設定条件である。また、しきい値設定において、安定側のしきい値(大きなしきい値)で使用するにより虚報の発生を抑えることができ、逆に、しきい値を小さくすることにより多少の虚報は出ても、高感度の異物を検査することができる。前者は、ウエハの処理装置の品質管理(異常になったことを見つける。)に向き、後者は、不良欠陥の発生状況を解析(不良発生原因の究明のための異物欠陥の分類)するのに向く。

【0100】次に、イメージセンサ205、206から検出され、A/D変換器401でA/D変換されて画像メモリ404に記憶される散乱光画像からCPU417が行なう異物粒径推定について、図47を用いて説明する。即ち、散乱光の信号レベル(差分値ssが望ましい)は、散乱光を発生する粒子あるいは傷等の大きさに対応している。従って、CPU417は、レーザーパワー、検査時の偏光板208、空間フィルタ202、照明の角度 $\phi 1$ 、 $\alpha 1$ 等の条件に応じて算出される補正係数 $k(t)$ を検出信号ssに乘じることにより、補正され



た検出信号 $ss'$ を、異物あるいは欠陥のサイズ $d$ に対応付けすることができる。そこで、CPU417は、このように求めた異物あるいは欠陥のサイズ情報を上記条件だしにおいてステップS45における検出サイズ指定に用いることができる。また、図47に示すようにTDIイメージセンサ205a、206aによって検出されて画像メモリ404に記憶される検出画像における異物を示す画像の大きさ（異物の像の広がりやを示す画素数）と異物の大きさには一定の傾向が見られるので、CPU417が画像メモリ404に記憶された検出画像から異物を示す画素数を計数することによって異物粒径を対応付けすることが可能となる。特に、異物の大きさが $0.13\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度においても、異物を示す画像の大きさと相関が有ることに見出すことができ、異物の大きさ（粒径）を推定することが可能となる。また、一つの画素内に入る異物サイズであり、且つ信号レベルがイメージセンサ205、206のダイナミックレンジを越えるような場合には、以下のような方法で異物サイズを推定することができる。即ち、一つの画素に入る場合であっても、図48(a)に示すように、広がりを持って結像されるため、この広がり部分の立ち上がりとしち下がりの幅（あるしきい値の幅 $W$ ）からピークレベル、即ちダイナミックレンジを越えた信号強度を推定することができる。この場合、図48(b)に示すように、イメージセンサ205、206のカバーガラス220を特定の表面粗さにすることで、カバーガラス220の表面で散乱を生じさせ、強制的に広がりを作ることで、更に検出画像から異物サイズの推定を容易にすることができる。

【0101】次に、本発明に係る異物検査装置による複数の検査について説明する。即ち、複数の検査は、例えばダイナミックレンジを稼ぐために、エリア優先、標準、感度優先などのように照明光のパワーを大きくした条件と標準の条件と小さくした条件で、被検査対象基板1の表面を検査し、その結果を検査欠陥としてCPU417は出力するものである。CPU417は、上記複数の検査結果を単純に統合して検査結果マップ（検査結果マップとは、被検査対象基板1内において異物等の欠陥が検出された位置座標に欠陥のマークをプロットとした図面。）を出力することができる。また、CPU417は、マップでなく、異物の座標リスト、あるいは異物の検出信号レベル等を示すリストやマップでもよい。また、複数の検査としては、ダイナミックレンジを稼ぐだけでなく、より微細な傷や異物等の欠陥を検出できるように、例えばステージ301、302の走行時間を変えたものでもよい。更には、照明光学系100による照明方向 $\alpha 1$ 、 $\phi 1$ （ゼロも含む）、 $\phi 2$ （ゼロも含む）の条件、偏光板208の有無、白色照明500とレーザ照明100とを用いる条件等を変えたのもであってもよい。

【0102】また、CPU417における処理方法も、複数の検査条件で検査した欠陥の補正された検出信号レベル $ss'$ を、各次元（照明光のパワー、照明方向、偏光板の有無、白色照明とレーザ照明）の空間にマッピングして、空間内における距離からクラス分けした（分類した）結果であっても良い。例えば、図49に示すように、 $x$ 軸に、レーザ照明系100による検出信号レベル $ss'$ を、 $y$ 軸に、別の照明系（白色照明系500や図50に示す照明系とがある。）による検出信号レベル $ss'$ をプロットする。これにより、予め設定した直線 $y=\beta x$ によって、これらのプロットの位置を2つの領域に分類することができる。そして、この分類結果は、異物の特徴を示すことになる。別の照明系として、図50に示す照明系を用いる場合には、 $y>\beta x$ の領域にプロットされた異物等の欠陥は、斜方照明でさほど光らない傷や平坦な異物491であり、 $y<\beta x$ の領域にプロットされた異物等の欠陥は比較的高さのある異物492であることが実験によって確認されている。ここで、この境界線は、上記の直線である必要はなく、任意の曲線、あるいは複数の任意の直線もしくは曲線でもよい。また、これらの距離を求める空間は、複数の次元を持たせてもよい。さらに、これらの複数の検査は、検出器205、206により、同時に検査されるものであってもよい。図50に示す照明系は、図3に示すレーザ光束10、11、12を斜方照明するのにならって、直線状の微細ミラー240を、対物レンズ201と被検査対象基板1との間に挿着し、直線状の微細ミラー240でレーザ光束10を反射させて被検査対象基板1に対してほぼ垂直にビーム光束3を照明するものである。従って、被検査対象基板1からの0次回折光（正反射光）は、直線状の微細ミラー240で遮光され、1次以上の回折光が対物レンズ201を通過することになる。なお、直線状の微細ミラー240は、空間フィルタ202の面においては、空間フィルタ202の機能を果たすことができるように十分細い直線状の帯であることが好ましい。

【0103】次に、本発明に係る異物検査装置と外部装置との接続について説明する。即ち、CPU417は、本発明に係る異物検査装置の全体を制御するものである。従って、検査結果、あるいは検査のための条件（特にしきい値マップ）等は、CPU417に接続された記憶装置427内に格納される。そして、これら記憶装置427に格納された検査結果、あるいは検査条件を、ローカルエリアネットワーク428あるいはモデムを介して他の計算機と結ぶことが望まれる。特に、インターネットと結ぶことにより、異物検査装置における検査条件の改善、異物検査装置の問題の状況等を、異物検査装置を使用するユーザと異物検査装置のメーカーとの間でやり取りすることができる。これらのデータのやり取りでは、異物検査装置メーカーとユーザとの間で、暗号キーを持ち、データを暗号化することにより、機密を保持する

ことができる。また、異物検査装置によって検査された異物等の検査結果に基づく、プロセス処理装置におけるプロセス条件の改善、プロセス処理装置の問題の状況等を、プロセス処理装置を使用するユーザとプロセス処理装置のメーカーとの間でやり取りすることも可能となる。また、本発明に係る画像処理装置400をプログラム可能なシステムで構成することにより、図4、図28、図29、図30、図31に示しアルゴリズムを書き換えて実行することができる。これらのアルゴリズムは、ウエハ表面の酸化膜等の干渉による信号強度の部分的な変動

10 に対応するためのもので、所謂色むら対応アルゴリズムを実現することができる。

【0104】次に、以上説明した本発明に係る欠陥検査装置を用いた半導体等の製造ラインおよびその製造方法について図32～図34を用いて説明する。図32に示すように、本発明に係る欠陥検査装置を用いた半導体等の製造ラインは、製造工程601乃至609、検査装置610乃至612、プローブ検査工程614、データ解析システム613により構成される。製造工程は、特に、歩留まりへの影響の大きい(歩留まりを左右する)

20 工程601、605、608、609を含み、これらの工程は、上記本発明に係る欠陥検査装置等の検査装置612により常時監視される。また、この監視により、工程間の異常、例えば工程601、606間で異常が検出された際は、この間の工程602、603、604が、検査装置610により監視され、異常を作り込む工程、あるいは装置を同定する。また、特に重要な工程607は、検査装置611により占有的に監視される。

【0105】ところで、所望の工程だけの異物あるいは最表面に付着した異物等の欠陥を、高い識別精度で検査

30 できるためには、この工程のプロセス処理を実施する前とプロセス処理を実施した後とにおいて、本発明に係る異物検査装置612による異物等の欠陥検査を実施し、プロセス処理後の欠陥検査結果とプロセス処理前の欠陥検査結果との論理差を求めると良い。ここで、この論理差に基いて判断する際、当工程以前に発生した異物を、当工程で発生した欠陥と誤って判断されることがあってはならない。むしろ、この欠陥は見逃した方がよい。それは、誤った判断に基づいて、欠陥が発生しないように対策が施されることとなるためである。

【0106】ところが、上記論理差によって、当プロセス処理工程で発生した異物等の欠陥のみを、必ずしも検出することができない。これは、以下のような理由による。その理由は、例えば、成膜等により異物等の欠陥の表面に膜が形成され、その結果異物等の欠陥サイズが大きくなり、検査感度が向上し、成膜前から存在していた欠陥が、成膜後には検査されることになるためである。即ち、実は、以前から付いていたはずの欠陥がその成膜工程前では検査されずに該成膜工程後に発見され、該成膜工程で発生したように間違えて判断されることにな

50

る。

【0107】そこで、当成膜工程前の検査時に、予め、例えば倍率 $m1$ を小さくしてしきい値を下げて検査感度を上げておくことによって以前から付いていた微細な欠陥を検出できるようになり、間違った判断をなくすることができる。このように、当成膜工程前の検査感度を上げると誤検出(虚報)が増えることになるが、図51に示すように、該工程前後の論理差( $B-A$ )を取ることによって問題とはならない。しかし、被検査対象基板1のチップ内の領域毎に、プロセス処理の前後で表面の状態が変わり得る。このため、プロセス処理前に、全体的にしきい値を下げたとしても、背景レベルが高く、結果的にしきい値が大きく事実上非検査状態もしくは低感度状態になってしまう領域が存在し、この領域からは以前から付いていた微細な欠陥が検出することができなくな

【0108】そこで、本発明に係る欠陥検査装置612の演算処理回路400のCPU417において、 $Ib < Tb$ の場合において、 $Ia > Tha$ として検出され、且つ $Ia > \kappa \cdot Thb$ のときのみ、当該プロセス処理工程Pで発生した欠陥と判断する。すなわち、当該プロセス処理工程P前の検査で、可能な限り検査感度を上げて検査しても欠陥が検出することができなかった場合において、当該プロセス処理工程後の検査で検査感度を落してしきい値を上げて欠陥が検出された場合のみ、当該プロセス処理工程Pで発生した欠陥と判断し、当該プロセス処理工程後の検査で検査感度を落してしきい値を $\kappa$ 倍上げて欠陥が検出されない場合には、この欠陥を見逃す処理をして誤った判断をなくすることができる。それは、当該プロセス処理工程で生じた欠陥と判断される確率が低下するからである。当然、 $Ib \geq Thb$ の場合には以前に発生した欠陥とみなすことができる。但し、 $Ia$ は、当該プロセス処理工程後の検査において検出された欠陥の検出信号レベル、 $Ib$ は、当該プロセス処理工程前の検査において検出された欠陥の検出信号レベルを示す。 $Tha$ は、当該プロセス処理工程後のしきい値マップ格納手段419から得られる検査しきい値レベル、 $Thb$ は、当該プロセス処理工程前の可能な限り下げたしきい値マップ格納手段419から得られる検査しきい値レベルを示す。 $\kappa$ は、1を越えた係数で、 $Thb$ に応じて決定される。なお、欠陥検査装置の演算処理回路400の比較回路414等では、 $Ia$ と $Tha$ 、 $Ib$ と $Thb$ とについて比較されることになる。

【0109】従って、CPU417が行なう上記欠陥判定処理には、しきい値マップ格納手段419からえられて記憶装置427に記憶されたプロセス処理工程前(場合によってはプロセス処理工程後も)のチップ全域あるいはこれに準じる領域のしきい値レベル(しきい値画像)、およびメモリ404から得られて記憶装置427に記憶されたプロセス工程前後の欠陥検出信号が必要と

なる。重要なのは、プロセス処理工程前の検査のときのしきい値マップの情報を記憶装置427に記憶しておく、このしきい値マップの情報をを用いてプロセス処理工程後の検査のときのしきい値( $\kappa \cdot \text{Tha}$ )を決める係数 $\kappa$ を決定することにある。当然、Thaは、プロセス処理工程後の検査のときに、閾値算出手段418において算出されることになる。更に、欠陥検査装置612が工程602、603、604等に対して監視する監視手法について説明する。第1の手法は、ロット内のウエハに着目し、工程を経るごとの着目ウエハの異物等の欠陥の付着の状態(変化)を監視する同一ウエハによる工程監視手法である。第2の手法は、あるプロセス装置あるいは工程に着目し、その工程を通過するウエハの前後の状態を監視することにより、そのプロセス装置あるいは工程の状態を監視する手法である。いずれも、工程の状態を監視するという点では、共通するが、第1の手法は工程間を比較し、状態の悪い工程を探すのが目的であり、第2の手法はある工程の経時的な変化を比較することが主な目的である。つまり、第2の手法は、突発的な異物発生等の異変をモニタしたり、あるいは何らかの異物等の欠陥低減対策を実施後の効果を評価することなどを目的とする。

【0110】ここで、検査装置612による特に、特定のプロセス工程あるいはその装置に着目する管理は、当工程でどのように欠陥が増減しているかを知ることができる。さらに、この管理において、特に、ここで検出した異物のサイズを用い、その異物の当工程での致命性を判定することにより、当異物の対策の重要性を知ることができ、対策を実施するときの動機付けとなり、大変有効となる。つまり、異物等の欠陥の対策効果の大きさを知ることにより、対策への意識がより強く意識され、対策行動に結び付けることができる。以上説明したように、監視され、取り込まれたデータは、データ解析システム613に取り込まれ、異常の発生、プローブ検査工程614からのデータとの関連から歩留まりとの関連、等が解析される。更に、上記検査装置610、611、612には、上記本発明に係る欠陥検査装置の他、光明視野検査、SEM検査等の検査装置が使用されている。これらの検査装置はそれぞれの特長があり、検出できる異物が異なっている。そこで、これらの検査装置を併用することにより検査の信頼性をトータルで向上できる。また、これらの検査装置は、その検出原理から、検査時間(検査のスループット)にも差異がある。高スループットの上記欠陥検査方式のレーザ散乱方式は、微粒子の検査には適しているが、レーザの干渉性により検出時の捕捉率が低い。光明視野検査は、捕捉率は高いが、比較検査時のためサンプリング時に高い解像度を必要とするため、スループットが低い。電子線を利用した検査は、SNが低いいため検査の高速化は難しいが、高解像の検査が可能な上導通不良等の検査に向く。

【0111】LSI製造工程では、感度、スループット、検出できる対象等を考慮しながらこれらの検査装置をシステム化する必要がある。図33に示すように、それぞれの検査装置が、24から27へ、25から28へ、26から29へと検出可能な異物等の欠陥を増やし、システムのトータルの検出数を増やすことにより、全体で高い性能を有するシステムを構築することができる。図34に量産立ち上げ時の歩留まりの推移30を示す。また、欠陥数の推移31も同時に示す。歩留まりが向上するにつれて欠陥数が低下する。しかしながら、歩留まりが立ち上がった状況でも突発的に欠陥数が上昇し歩留まりを低下させることがある。そこで、これらの欠陥発生をいち早く知り、欠陥発生工程の生産を一時的に止め欠陥発生原因を対策する必要がある。そのため、本発明に係る異物等の欠陥検査装置が必要になる。

#### 【0112】

【発明の効果】本発明によれば、照明の効率を向上でき、空間フィルタ、照明方向によりLSIパターン等の基板内のパターンからの回折光を低減でき、さらに、チップ内のぼらつきの異なる位置毎にしきい値を低く設定できるので、LSIウエハ上等の基板上の異物や欠陥を高感度、高スループットで検出することができる効果を奏する。また、本発明によれば、高感度の通常のTDIセンサを用いて、繰返しパターンと非繰返しパターンとが混在する被検査対象基板上に存在する微小異物や欠陥を高感度で、且つ高速に検出することができる効果を奏する。また、本発明によれば、通常の安価な光源、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、0.1 $\mu\text{m}$ 程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、例えばレーザ光源から出射されるガウスビーム光束の光量を有効利用し、しかも検出光学系において光軸から離れるに従ってMTFが低下するに従って被検査対象基板上の検出領域の周辺部における照度不足を解消し、0.1 $\mu\text{m}$ 程度以下の極微小な異物等の欠陥をも、高感度で、且つ高速で検査することができる効果を奏する。

【0113】また、本発明によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域に合わせ判定基準であるしきい値レベルを最適な感度に設定して虚報を著しく増加させることなく、真の異物等の欠陥を検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において検出したい異物等の欠陥サイズに合わせて判定基準であるしきい値レベルを設定して検出したいサイズの異物等の欠陥を検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、被検査対象基板上に配列された構造物内の各種回路パターン領域において存在する異物等の欠陥のサイズを推定できるようにして異物等の欠陥を検査することができる効果を奏す

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る被検査対象基板の一実施例であるメモリLSIが配列される半導体ウエハを示す図である。

【図2】本発明に係る被検査対象基板の他の実施例であるマイコン等のLSIが配列される半導体ウエハを示す図である。

【図3】本発明に係る欠陥検査装置の第1の実施の形態を示す概略構成図である。

【図4】図3に示す画像処理部の第2の実施例を示すブロック構成図である。

【図5】本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板上にスリット状のビームを照明する方法および検出方法を説明するための図である。

【図6】本発明に係る円錐曲面を持つ照明レンズによる照明光束を示す斜視図である。

【図7】本発明に係る円錐曲面を持つ照明レンズの製造方法の第1の実施例を説明するための図である。

【図8】本発明に係る円錐曲面を持つ照明レンズの製造方法の第2の実施例を説明するための図である。

【図9】本発明に係る照明光学系を示すy方向およびx方向からみた側面図である。

【図10】本発明に係る照明光学系において一つのレーザ光源を用いて3方向からスリット状のビームを半導体ウエハ等の被検査対象基板上に照明するための光学系を示す平面図である。

【図11】本発明に係る照明方向及び検出方向と、照明方向によるパターンからの回折光とを示す斜視図である。

【図12】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して45度方向からスリット状のビームを照明したときの0次回折光パターンの発生状況と光軸を垂直にしたときの検出光学系の対物レンズの開口との関係を示す図である。

【図13】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して平行な方向からスリット状のビームを照明したときの0次回折光パターンの発生状況と光軸を垂直にしたときの検出光学系の対物レンズの開口との関係を示す図である。

【図14】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して異なる45度方向からスリット状のビームを照明する際交わらないよう照明し、TDIセンサで検出する検出領域との関係を示す図である。

【図15】本発明に係る欠陥検査装置の第2の実施の形態を示す概略構成図である。

【図16】異物からの射出角度と検出信号強度との関係を示すグラフ図である。

【図17】検出光学系の光軸を傾けた場合にこの傾きに合わせてTDIセンサの受光面を傾けた場合の実施例を

示す図である。

【図18】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して異なる45度方向からスリット状のビームを照明したとき、繰返しパターンから生じる回折光縞を示す平面への投影図である。

【図19】本発明に係る検出光学系のフーリエ変換面での繰返しパターンからの回折光縞と、該回折光縞と空間フィルタとの位置関係を示す平面図である。

【図20】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して45度方向からスリット状のビームを照明したときの0次回折光パターンの発生状況と光軸を垂直にしたときおよびy方向に傾けたときの検出光学系の対物レンズの開口との関係を示す図である。

【図21】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して平行な方向からスリット状のビームを照明したときの0次回折光パターンの発生状況と該0次回折光パターンが入り込まない検出光学系の対物レンズの開口の位置を示す図である。

【図22】本発明に係る回路パターンの主要な直線群に対して45度方向から長手方向が照明方向を向けてスリット状のビームを照明する実施例を示す図である。

【図23】図22に示すスリット状のビームを照明したとき、必要とする特殊なTDIセンサを示す図である。

【図24】本発明に係る酸化膜等の絶縁膜上に存在する異物からの散乱光の干渉モデルを示す側面図である。

【図25】酸化膜等の絶縁膜上に存在する異物を検出するために複数の検出方向から異物からの散乱光を検出する実施例を説明するための図である。

【図26】ある波長の照明光を照射した場合の酸化膜等の絶縁膜の膜厚変化と検出信号との関係、および、3つの異なる波長の照明光を照射した場合の酸化膜等の絶縁膜の膜厚変化と検出信号との関係を示す図である。

【図27】本発明に係る画像処理部において異物等の欠陥を抽出するための判定基準（閾値）を算出して設定することを説明するウエハと画素の関係を示す図、およびチップ（様々なパターン領域を有する。）と画素の関係を示す図である。

【図28】本発明に係る画像処理部の第1の実施例を示すブロック図である。

【図29】本発明に係る画像処理部の第3の実施例を示すブロック図である。

【図30】本発明に係る画像処理部の第4の実施例を示すブロック図である。

【図31】本発明に係る画像処理部の第5の実施例を示すブロック図である。

【図32】本発明に係る異物等の欠陥検査装置が設置された半導体の製造ラインの概略構成を示す図である。

【図33】半導体の製造ラインにおいて各々の欠陥検査装置が検出可能な異物を増やすことによって、トータルとして高い性能を有するシステムを構築できるというこ

とを説明するための図である。

【図34】量産立ち上げ時における歩留まりと欠陥数の推移を示す図である。

【図35】本発明に係る欠陥検査装置の第4の実施の形態の概略構成を示す図である。

【図36】図35に示す欠陥検査装置の第4の実施の形態に用いられている照明光学系の一実施例の構成をy方向およびx方向から具体的に示す図である。

【図37】照明光学系によってスリット状のガウスビーム光束を整形して照明効率向上を図る基本思想を説明するための図である。

【図38】検出器としてTDIイメージセンサを用いた場合における被検査対象基板上の検出領域の光像を受光して撮像する方法を説明するための図である。

【図39】ガウスビーム光束において標準偏差 $\sigma$ （照明の幅に対応する）を変えたとき、検出領域の周辺部（ $x_0=1$ ）における照度 $f(x_0)$ の変化を示す図である。

【図40】標準偏差 $\sigma$ を0.5、1、2にしたときのガウスビーム光束を照射した際、検出領域の光軸からの長さ（ $x_0$ ）に対する照度 $f(x_0)$ の変化を示す図である。

【図41】DUV光を受光できるようにしたTDIイメージセンサの実施例を説明するための図である。

【図42】本発明に係る欠陥検査装置における条件出しのシーケンスの実施例を示す図である。

【図43】表示手段に表示された条件だしモード選択としきい値事前選択とを行なう画面を示す図である。

【図44】検出感度・検出面積を表示手段に表示した画面を示す図である。

【図45】エリア優先、標準、感度優先の場合のしきい値マップと、感度に対する検査面積の関係を表示手段に表示した画面を示す図である。

【図46】本発明に係る欠陥検査装置において、検出光学系に、空間フィルタの遮光パターンを観察する光学系を備え、光学顕微鏡をした実施の形態を示す図である。

【図47】本発明に係る鏡面ウエハ上における標準粒子径と評価値（散乱光の検出信号レベル）との実験データに基づく関係を示す図である。

【図48】検出された画像信号から異物のサイズを推定する実施例を説明するための図である。

【図49】レーザ照明系による検出信号レベルと別の照明系による検出信号レベルとから欠陥の種類を分類することができる実施例を説明するための図である。

【図50】本発明に係る欠陥検査装置において、直線状の微細ミラーを用いてビーム光束を明視野照明する場合

の照明光学系と検出光学系とを示す概略構成図である。

【図51】あるプロセス処理装置Pで処理する前に高感度で欠陥検査を実施し、該処理後において最適感度で欠陥検査を実施し、その論理差（ $B-A$ ）を示す図である。

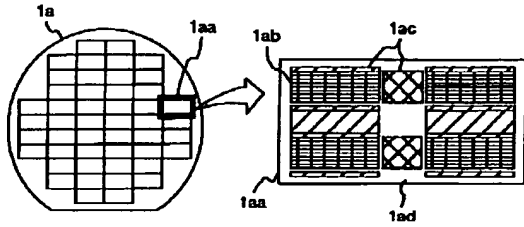
【図52】本発明に係る欠陥検査装置において、微小異物から広がりを持った大きな異物まで高 $S/N$ 比でもって欠陥判定できる構成を示す図である。

【符号の説明】

1…被検査対象基板（ウエハ）、1a、1b…半導体ウエハ、1aa…メモリLSI、1ab…メモリセル領域、1ac…周辺回路領域、1ad…その他の領域、1ba…マイコン等のLSI、1bb…レジスタ群領域、1bc…メモリ部領域、1bd…CPUコア部領域、1be…入出力領域、2…チップ、3…スリット状ビーム（照明領域）、4…TDIセンサ等のイメージセンサの検出領域、100…照明光学系、101…レーザ光源、102…凹レンズ、103…凸レンズ、104…円錐曲面を持つ照明レンズ、200…検出光学系、201…対物レンズ（検出レンズ）、202…空間フィルタ、203…結像レンズ、204…ビームスプリッター、205、206…TDIセンサ等の1次元検出器、207…NDフィルタ、208…偏光素子、226…ミラー、227…結像光学系、228…TVカメラ、240…直線状の微細ミラー、300…白色照明系、400…演算処理回路（信号処理系）、401…A/D変換部、402…データメモリ、403…差分処理手段（差分処理回路）、403'…絶対値差分処理回路、404…データメモリ、405…最大最小除去回路、406…2乗算回路、407…算出回路、408…個数カウント回路、409…2乗和算出回路、410…和算出回路、411…計数回路、412…上限判定基準（正側閾値）算出回路、413…下限判定基準（負側閾値）算出回路、414、415、414'…比較回路、417…CPU（出力手段）、419…閾値マップ格納手段、421…出力手段（表示手段）、422…メモリ位置コントローラ、423…閾値算出回路、424…閾値設定回路、425…平均値算出回路、426…入力手段、427…記憶装置、428…ネットワーク、520、521～525…オペレータ、531～535…比較回路、541～544…掛け算回路、550…論理和回路、600…光学顕微鏡、601…検出光学系、602…画像処理系、603…表示手段、604…画像メモリ、610～612…検査装置、613…データ解析システム、1007…ビーム光束。

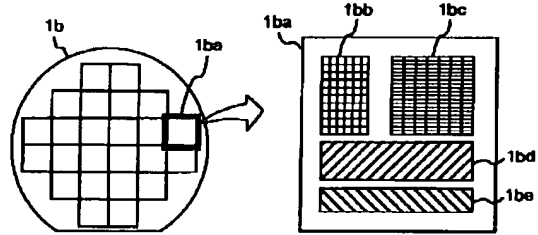
【図1】

図 1



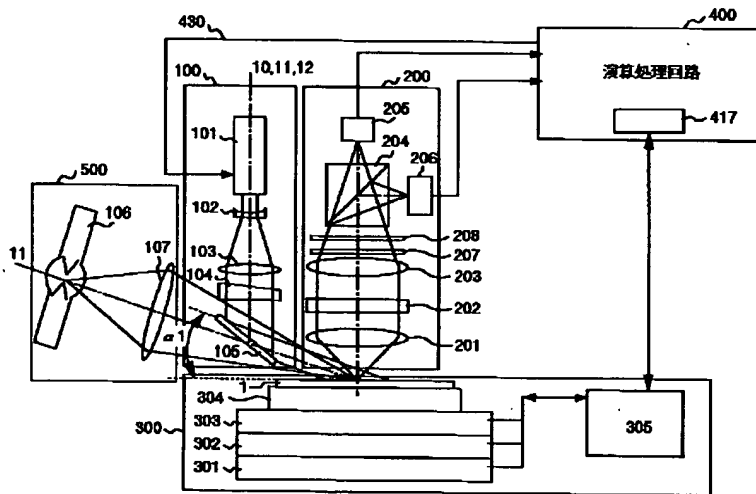
【図2】

図 2



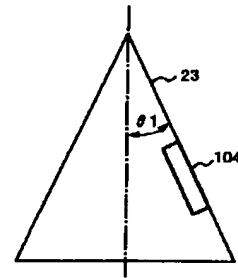
【図3】

図 3



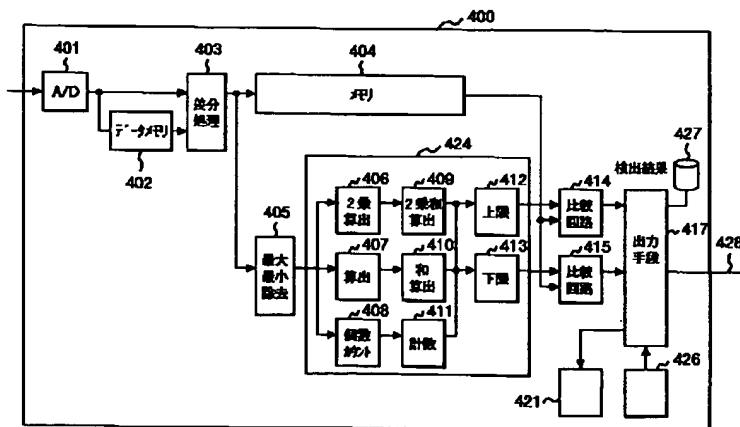
【図7】

図 7



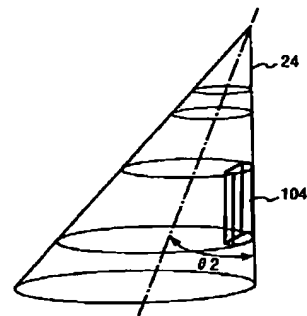
【図4】

図 4



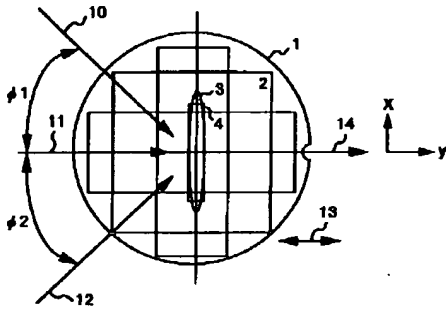
【図8】

図 8



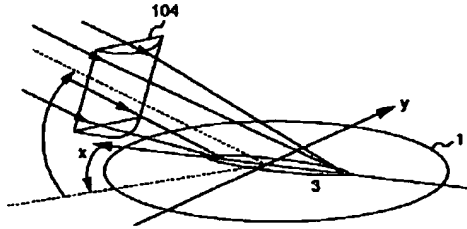
【図5】

図 5



【図6】

図 6

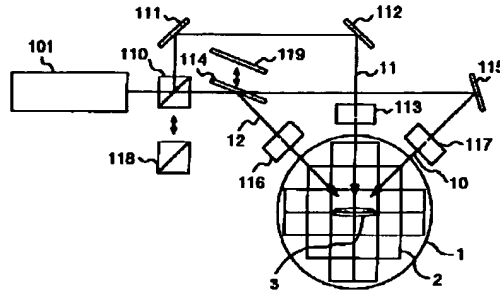
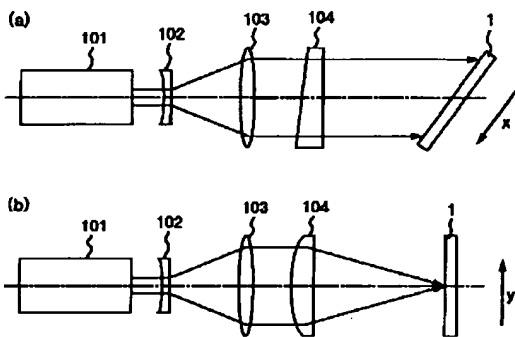


【図10】

図 10

【図9】

図 9

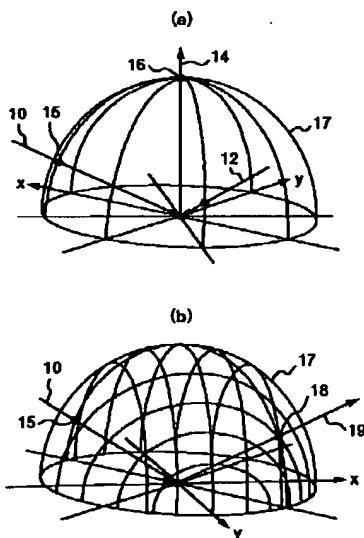


【図13】

図 13

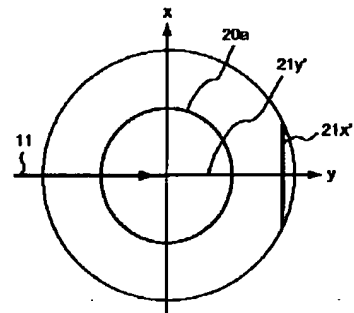
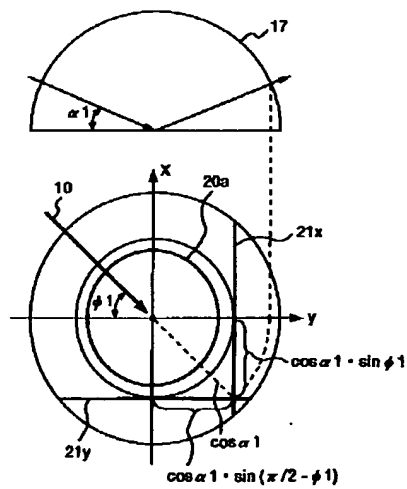
【図11】

図 11



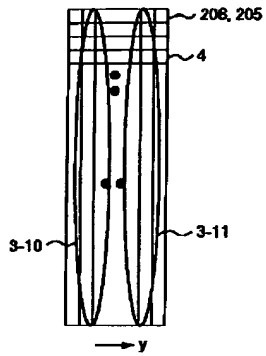
【図12】

図 12



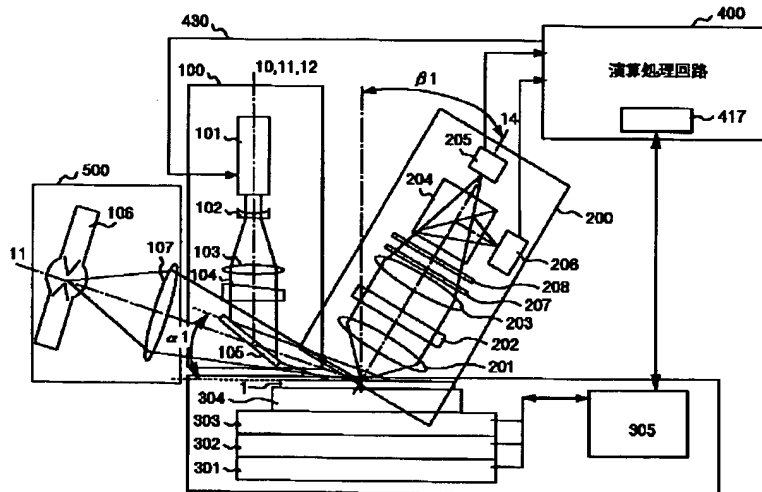
【図14】

図 14



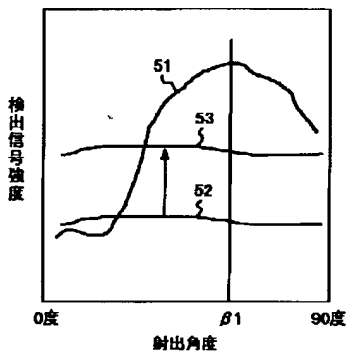
【図15】

図 15



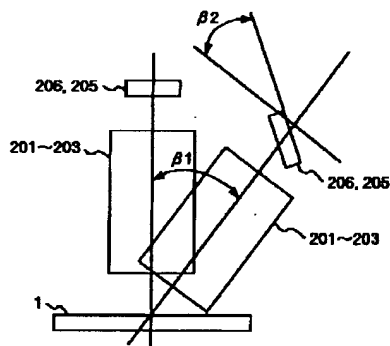
【図16】

図 16



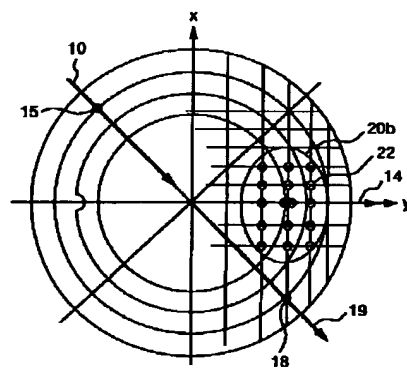
【図17】

図 17



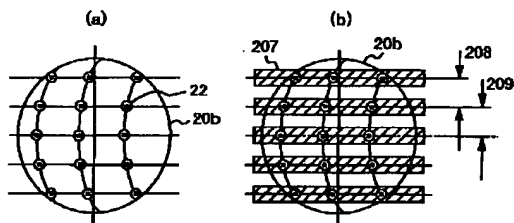
【図18】

図 18



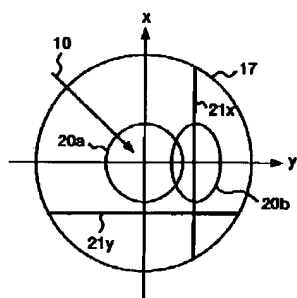
【図19】

図 19



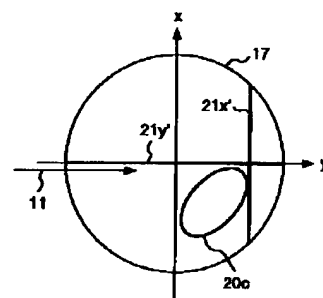
【図20】

図 20



【図21】

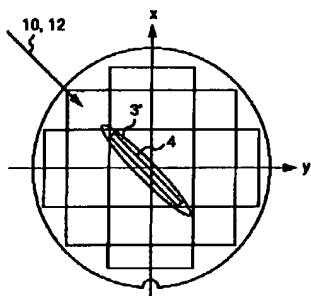
図 21





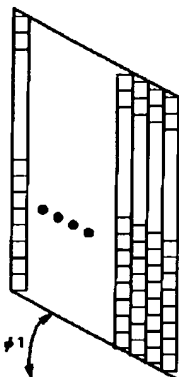
【图22】

22



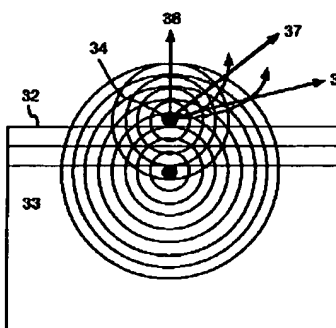
【图23】

23



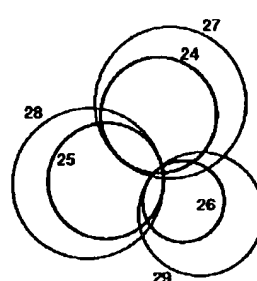
【图24】

图 24



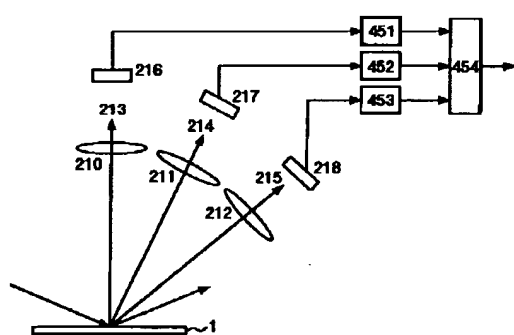
【图33】

33



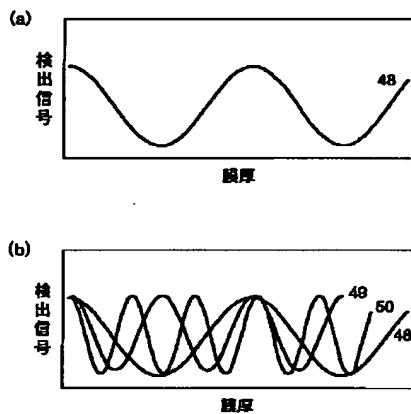
【例25】

图 25



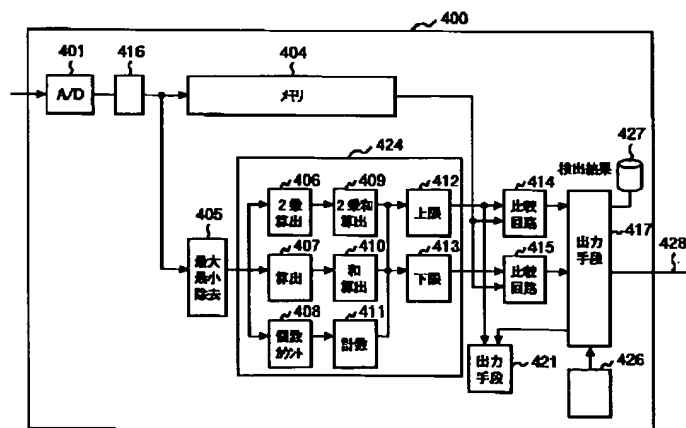
【图26】

图 26



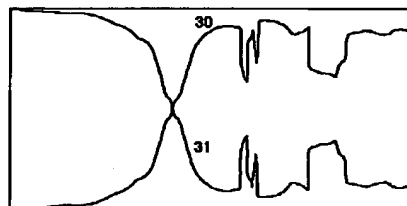
【図28】

■ 28



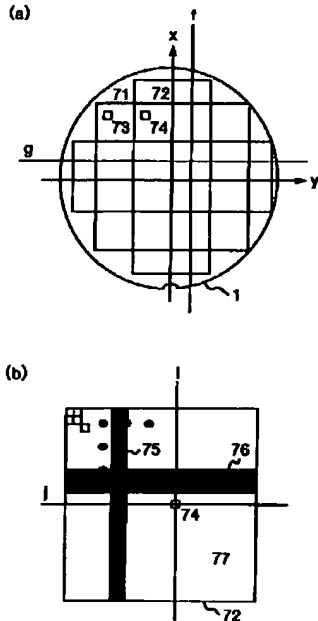
【図34】

图 34



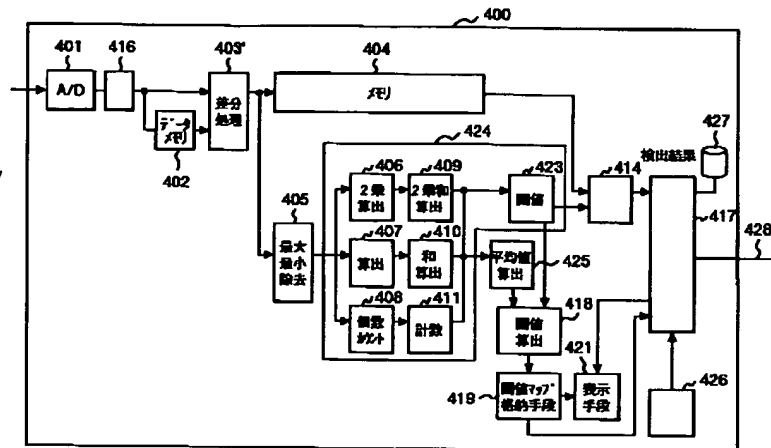
【図27】

図 27



【図29】

図 29

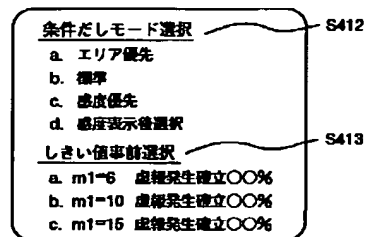
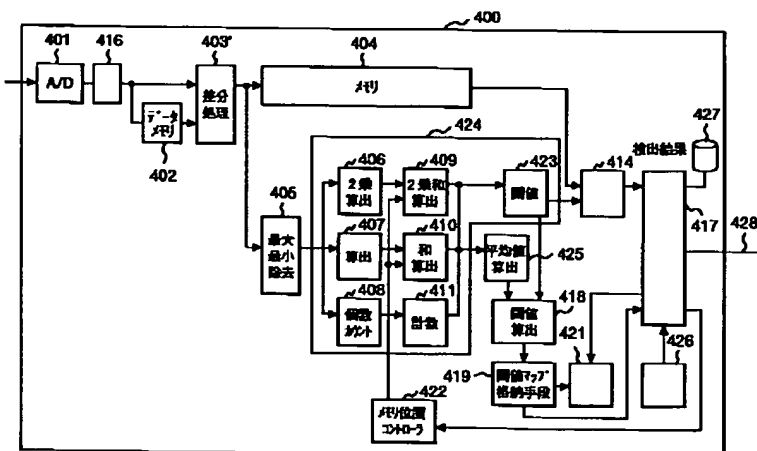


【図43】

図 43

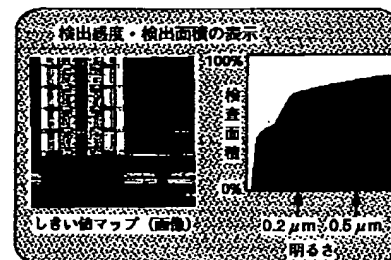
【図30】

図 30



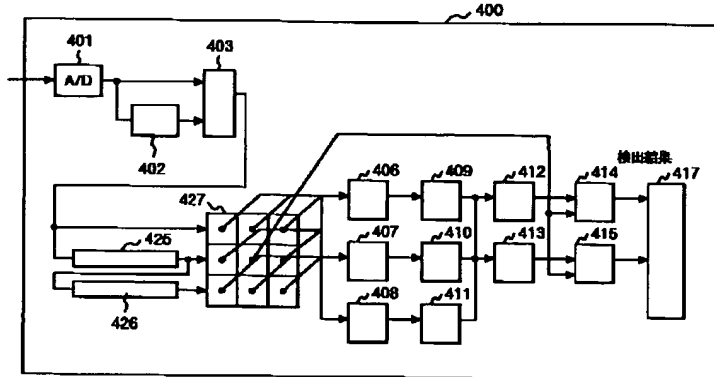
【図44】

図 44



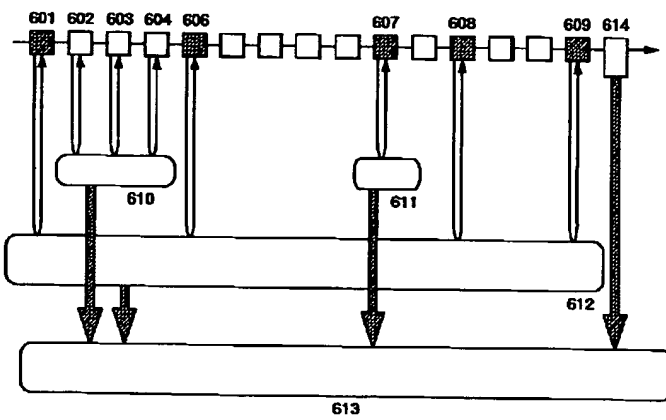
【図31】

図 31



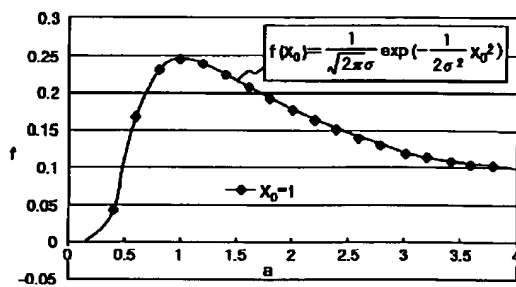
【図32】

図 32



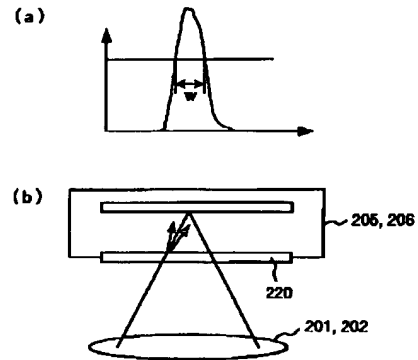
【図39】

図 39



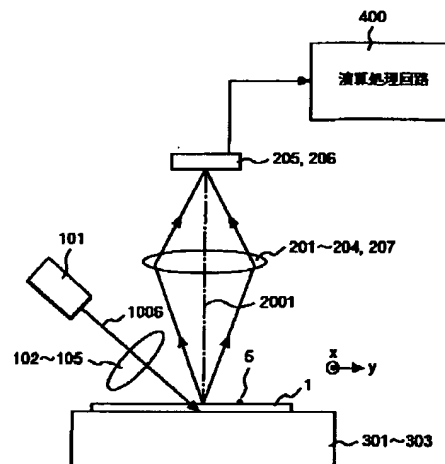
【図48】

図 48



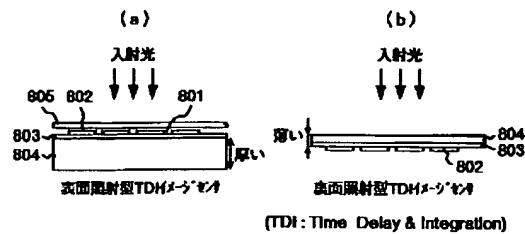
【図35】

図 35



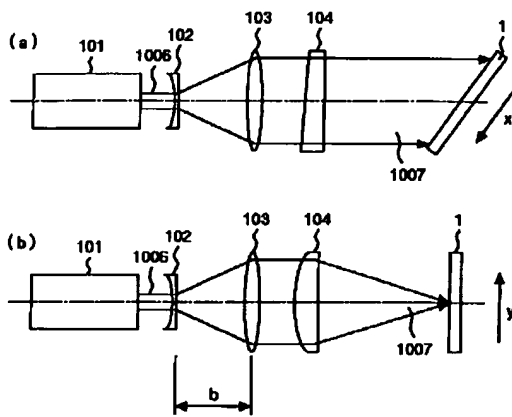
【図41】

図 41



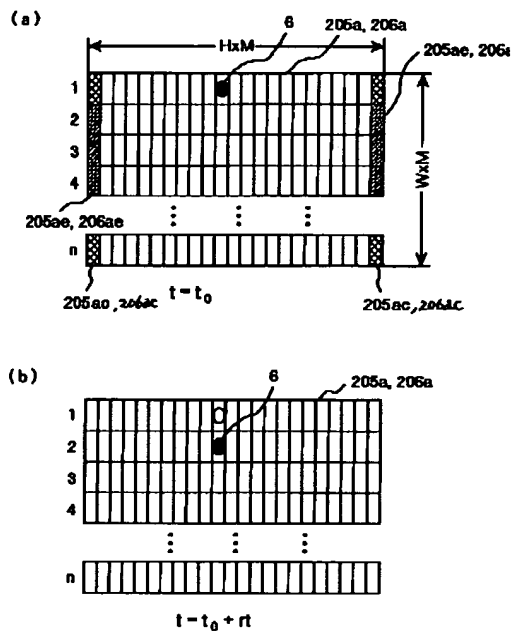
【図36】

図 36



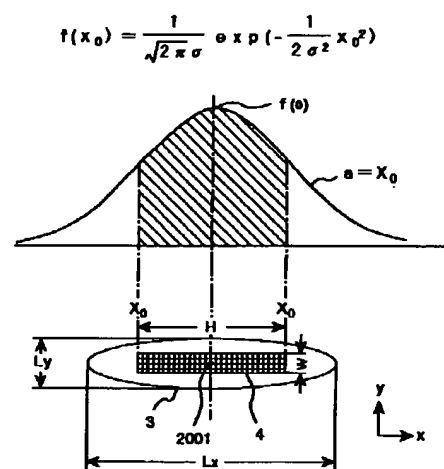
【図38】

図 38



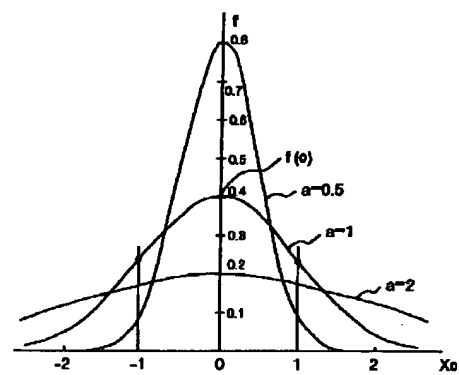
【図37】

図 37



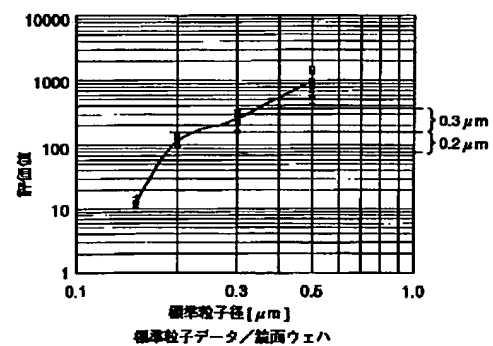
【図40】

図 40



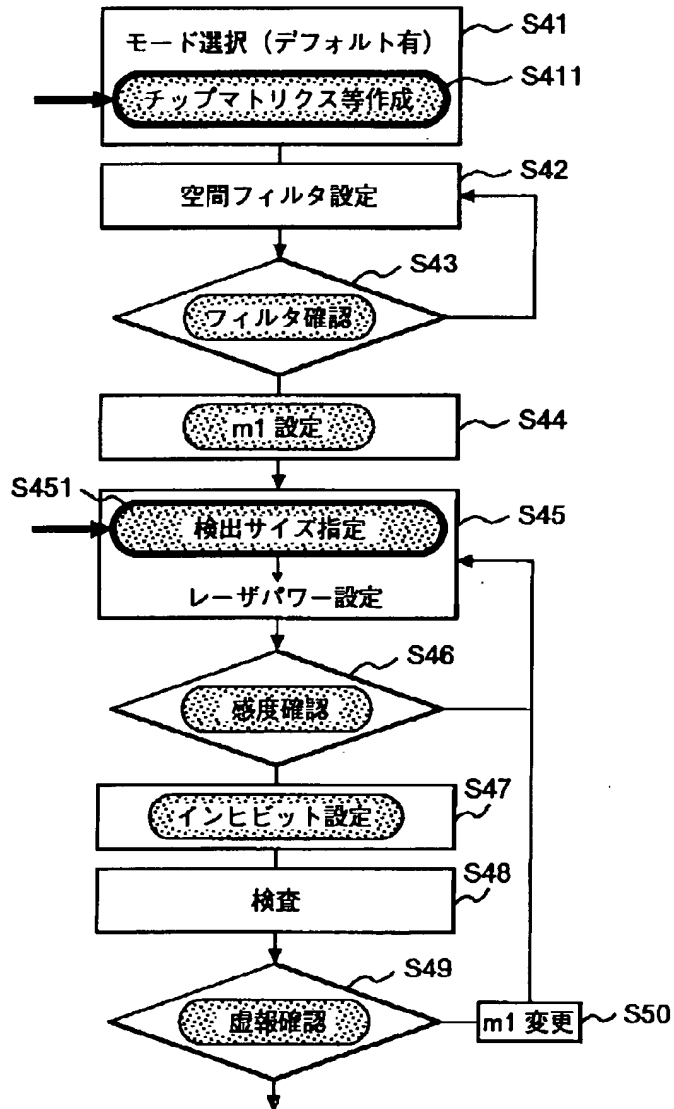
【図47】

図 47



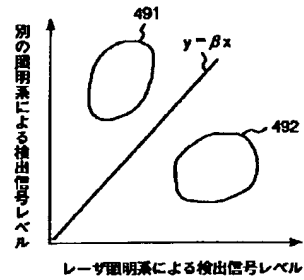
【図42】

図 4 2



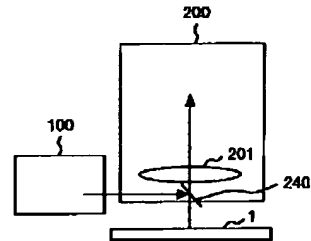
【図49】

図 4 9



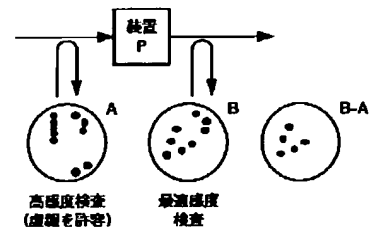
【図50】

図 5 0



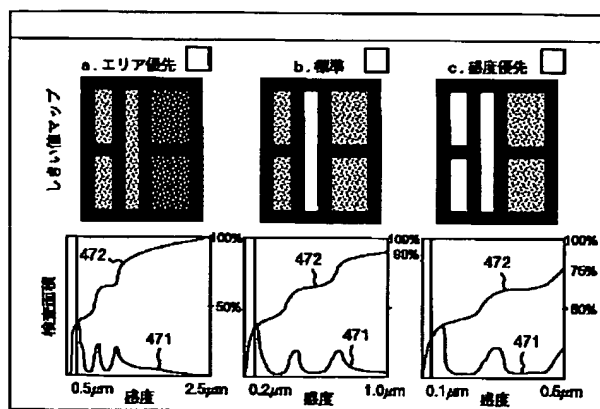
【図51】

図 5 1



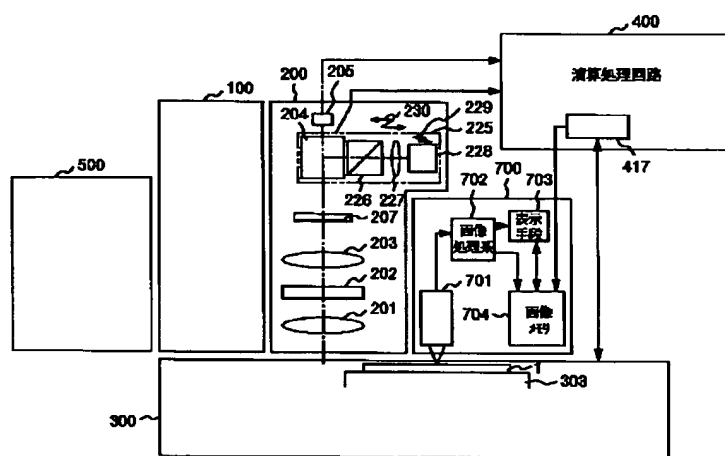
【图45】

**圖 45**



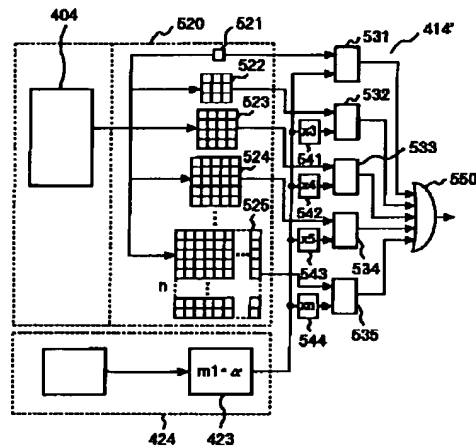
【図46】

46



【図52】

図 5 2



フロントページの続き

- (72)発明者 大島 良正  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 西山 英利  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 松本 俊一  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 見坊 行雄  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 松永 良治  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 酒井 恵寿  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内

- (72)発明者 二宮 隆典  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 渡邊 哲也  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 中村 寿人  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 神宮 孝広  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 森重 良夫  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 近松 秀一  
東京都渋谷区東三丁目16番3号 日立電子  
エンジニアリング株式会社内

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This inventions are production processes which form a pattern on a substrate and manufacture the object, such as a semi-conductor production process and a liquid crystal display component production process printed circuit board production process, and relate to the defective test equipment which inspects the generating situation of the defect of the foreign matter in the production process coped with by detecting and analyzing the defect of the generated foreign matter etc., and its approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the conventional semi-conductor production process, when the foreign matter existed on the semi-conductor substrate (wafer), it becomes causes of a defect, such as poor insulation of wiring, and a short circuit, a semiconductor device makes it detailed further and a detailed foreign matter exists in a semi-conductor substrate, this foreign matter causes destruction, such as poor insulation of a capacitor, and gate oxide. These foreign matters are mixed by various causes, such as what is generated from the moving part of a transport device, what is generated from the body and the thing by which reaction generation was carried out within the processor by process gas, and a thing which was being mixed in the chemical or the ingredient, in the various condition. If a foreign matter mixes on a pattern or a certain defect also produces the same liquid crystal display component production process, it will become what cannot be used as a display device. The situation of the same is said of the production process of a printed circuit board, and mixing of a foreign matter grows into the short circuit of a pattern, and the cause of defect connection. As one of the techniques which detects the foreign matter on this conventional kind of semi-conductor substrate, as indicated by JP,62-89336,A (conventional technique 1) By detecting the scattered light from the foreign matter generated when laser is irradiated and the foreign matter has adhered on a semi-conductor substrate on a semi-conductor substrate, and comparing with the inspection result of the same form semi-conductor substrate inspected immediately before The misreport by the pattern is lost and there are some which enable high sensitivity, a high-reliability foreign matter, and defective inspection. Moreover, the scattered light from the foreign matter generated when laser is irradiated and the foreign matter has adhered on a semi-conductor substrate on a semi-conductor substrate as indicated by JP,63-135848,A (conventional technique 2) is detected, and there are some which analyze this detected foreign matter with analytical skill, such as laser photoluminescence or secondary X-ray analysis (XMR).

[0003] Moreover, the method of emphasizing and detecting the foreign matter and defect which remove the light which irradiates coherent light to a wafer and is injected from the repeat pattern on a wafer as a technique of inspecting the above-mentioned foreign matter with a spatial filter, and do not have repeatability is learned. Moreover, the foreign matter test equipment irradiates from the direction leaned 45 degrees to the main straight-line groups of this circuit pattern to the circuit pattern formed on the wafer, and it was made not to make input the zero-order diffracted light from main straight-line groups in opening of an objective lens is known in JP,1-117024,A (conventional technique 3). In this



conventional technique 3, shading other straight-line groups which are not main straight-line groups with a spatial filter is also indicated. Moreover, as a conventional technique about defective test equipment, such as a foreign matter, and the approach of those, JP,1-250847,A (conventional technique 4), JP,6-258239,A (conventional technique 5), JP,6-324003,A (conventional technique 6), JP,8-210989,A (conventional technique 7), and JP,8-271437,A (conventional technique 8) are known.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with the above-mentioned conventional techniques 1-8, being high sensitivity and detecting the defect of the detailed foreign matter on the substrate with which a repeat pattern and a non-repeat pattern are intermingled etc. at high speed was not completed easily. That is, with the above-mentioned conventional techniques 1-8, the technical problem that detection sensitivity (the minimum detection foreign matter dimension) fell remarkably occurred, for example by parts other than repeat parts, such as the cel section of memory. Moreover, with the above-mentioned conventional techniques 1-8, technical problems, like sensibility falls remarkably occurred on an oxide film which penetrates the illumination light. Moreover, with the above-mentioned conventional techniques 1-8, the technical problem said that the defect of a detailed foreign matter etc. is undetectable occurred.

[0005] Moreover, with the above-mentioned conventional techniques 1-8, the time of mass-production starting of a semi-conductor production process and mass-production Rhine are not distinguished, but the test equipment used by the mass-production starting activity is applied as it is even in mass-production Rhine, and needs to cope with foreign matter generating by sensing promptly in mass-production Rhine. however, conventional defective test equipment has a large equipment scale, and it does not install it independently -- take -- since it was the configuration which is not, it was what carries into the part of test equipment the semi-conductor substrate processed with the production line, a liquid crystal display component substrate, and a printed circuit board, and carries out inspection of a foreign matter and a defect. Therefore, even if inspection of conveyance of these substrates, a foreign matter, and a defect took time amount, it was difficult or inspection of total was a sampling inspection, it was difficult to obtain sufficient inspection frequency. Moreover, the help was required for such a configuration.

[0006] The purpose of this invention is to the substrate for inspected with which a repeat pattern, a non-repeat pattern, and those without a pattern are intermingled that the above-mentioned technical problem should be solved to offer the defective test equipment which is a high speed and enabled it to inspect the defect of a minute foreign matter etc. with high precision moreover, and its approach. Moreover, inspection of total and sufficient inspection frequency carry out sampling inspection implementation, and other purposes of this invention are to offer the defective test equipment which enabled it to build an efficient substrate production line, and its approach. moreover, this invention -- being the further -- others -- the quantity of light of the Gaussian beam flux of light to which outgoing radiation of the purpose is carried out, the usual cheap light source, for example, laser light source, -- using effectively -- a pole about 0.1 micrometers or less -- it is in offering the defective test equipment which is high sensitivity and enabled it to also inspect the defect of a minute foreign matter etc. at high speed, and its approach. The purpose uses effectively the quantity of light of the Gaussian beam flux of light by which outgoing radiation is carried out from a laser light source. moreover, this invention -- being the further -- others -- and the lack [ in / it is alike, it follows and / the periphery of the detection field on the substrate for inspected ] of an illuminance which separates from an optical axis in detection optical system and to which is resembled, and is followed and MTF falls -- canceling -- a pole about 0.1 micrometers or less -- the defect of a minute foreign matter etc. by high sensitivity And it is in offering the defective test equipment it enabled it to inspect at high speed, and its approach.

[0007] moreover, this invention -- being the further -- others -- the purpose is to offer the defective test equipment which can inspect the defect of a true foreign matter etc., without setting the threshold level which is a criterion as the optimal sensibility according to the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected, and making a misreport increase remarkably. moreover, this invention -- being the further -- others -- the purpose is to offer the defective test

equipment which can inspect the defect of the foreign matter of size etc. in which he wants to set up and detect the threshold level which is a criterion according to defective sizes, such as a foreign matter to detect in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected. moreover, this invention -- being the further -- others -- the purpose is to offer the defective test equipment which can inspect the defect of a foreign matter etc. as can presume the size of the defect of the foreign matter which exists in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected.

[0008] moreover, this invention -- being the further -- others -- the purpose is to offer the manufacture approach of a semi-conductor substrate of it being efficient and having enabled it to manufacture a semi-conductor substrate with the sufficient yield.

[0009]

[Means for Solving the Problem] As opposed to the substrate for inspected with which the circuit pattern was formed in the slit-like beam to which this invention becomes a longitudinal direction from parallel light mostly in order to attain the above-mentioned purpose Have a predetermined inclination ( $\pi/2 - \alpha_1$ ) from [ of this substrate ] a normal, and it has the flat-surface top predetermined inclination  $\phi_1$  to the main straight-line groups of said circuit pattern. The lighting process illuminated so that it may become a right angle mostly to the transit direction of the stage where a longitudinal direction makes it lay and run said substrate for inspected, The detection process which receives the reflective scattered light obtained from the defect of the foreign matter which exists on the substrate for inspected illuminated in this lighting process with image sensors, changes into a signal, and is detected, It is the defective inspection approach characterized by having the defective judging process in which the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the signal detected in this detection process is extracted. Moreover, this invention is characterized by the circuit pattern which exists on the substrate for inspected shading the diffracted-light pattern from a pattern with a spatial filter repeatedly at least in the detection process in said defective inspection approach. Moreover, this invention makes into the signal acquire from the part in which the same circuit pattern was originally formed, or its near by said detection in the defective judging process in said defective inspection approach at a radical, and is characterize by to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. from said detected signal based on the criterion ( threshold) which computes dispersion and is set up based on this computed dispersion. Moreover, this invention is characterized by extracting the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the criterion (threshold) set up for every various fields which constitute said circuit pattern to said detected signal in the defective judging process in said defective inspection approach. Moreover, this invention is characterized by the inclination  $\phi_1$  on the flat surface over the main straight-line groups of the circuit pattern of a slit-like beam being about 45 degrees in the lighting process in said defective inspection approach.

[0010] Moreover, the stage this invention lays the substrate for inspected with which the circuit pattern was formed, and it is made to run, The beam by which outgoing radiation is carried out from the light source is used as the slit-like beam which becomes a longitudinal direction from parallel light mostly. It has a predetermined inclination ( $\pi/2 - \alpha_1$ ) from [ of this substrate ] a normal to said substrate for inspected. The illumination-light study system illuminated so that it may have the flat-surface top predetermined inclination  $\phi_1$  to the main straight-line groups of said circuit pattern and a longitudinal direction may become a right angle mostly to the transit direction of said stage, The detection optical system which receives the reflective scattered light obtained from the defect of the foreign matter which exists on the substrate for inspected with which the slit-like beam was illuminated with image sensors, changes into a signal, and is detected by this illumination-light study system, It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which extracts the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the signal detected from the image sensors of this detection optical system. Moreover, this invention computes dispersion by making it into the signal acquired from the image sensors of said detection optical system by detection in the image-processing section in said defective test equipment at a radical from the part in which the same circuit pattern was originally formed, or its near. It is based on computed this dispersion. A criterion (threshold) It is characterized by

having an extract means to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. from the signal detected from the image sensors of said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up. Moreover, this invention is characterized by having a means to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the criterion set up for every various fields which constitute said circuit pattern to said detected signal in the image-processing section in said defective test equipment. Moreover, it is characterized by the optical axis of this invention being almost perpendicular to the substrate for inspected in the detection optical system in said defective test equipment.

[0011] Moreover, this invention is characterized by the light source being a laser light source in the illumination-light study system in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by having the optical element which the configuration approximated to a conical surface extracts in the illumination-light study system in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by having the optical system further illuminated from the direction to which the white light was leaned to the normal in the illumination-light study system in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by having a spatial filter in the detection optical system in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by constituting the image sensors in detection optical system from a TDI sensor in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by said TDI sensor being an anti blooming type.

[0012] Moreover, this invention is characterized by leaning an optical axis to the normal of the substrate for inspected in the detection optical system in said defective test equipment. Moreover, the illumination-light study system which this invention illuminates light from a normal with a certain inclination to the front face of an inspected object, and has at least the optical element of the configuration approximated at the conical surface for [ in the front face of an inspected object ] extracting an illumination-light bundle to an one direction, It is defective test equipment characterized by having received the light reflected from said inspected object with image sensors, and having the detection optical system which changes into a signal and is detected, and the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to the front face of an inspected object, It has the image sensors which consist of a current path which begins to pour the charge which exceeded this constant rate when a constant rate with a means to accumulate the produced charge, and the accumulated charge was exceeded, and a means which reads the charge with which the range to this constant rate was accumulated. It is defective test equipment characterized by having the detection optical system which receives light with said image sensors, changes into a signal the light reflected from said inspected object, and detects it, and the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system.

[0013] Moreover, this invention is characterized by having two or more image sensors with which each reflected light bundle which branched by other strong branching optical system made in general into 1/100 and these branching optical system of one reflected light bundle receives the reinforcement of one reflected light bundle which branches and this branches the reflected light bundle from an inspected object in the detection optical system in said defective test equipment. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to the front face of an inspected object, It has two or more linear protection-from-light means installed almost in parallel so that the scattered light from the pattern formed in the front face of said inspected object might be shaded. The detection optical system which an optical axis has [ of the front face of said inspected object ] the inclination of a certain fixed include angle from a normal, receives the light reflected from said inspected object with a photo-electric-conversion means, changes into a signal, and is detected, It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Dispersion in a

picture signal is computed about a correspondence pixel [ based on the picture signal detected from this detection optical system / structure / of the same configuration ], or the pixel of the near. As opposed to the picture signal detected from said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up the criterion (threshold) of the signal level of the pixel which judges existence of the defect of a foreign matter etc. according to computed this dispersion It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect and processes said picture signal. [0014] Moreover, this invention is characterized by having a setting means to set up the scale factor of said criterion over dispersion in said picture signal at the image-processing section in said defective test equipment. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Dispersion in a value is computed. the difference of the picture signal about a pixel [ based on the picture signal detected from this detection optical system / structure / of the same configuration ] -- the difference which computes a value -- said difference in two or more pixels which carry out the neighborhood to the pixel which judges existence of the defect of a value calculation means, a foreign matter, etc. -- the difference computed with the value calculation means -- It has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up the criterion of the signal level of the pixel which judges existence of the defect of a foreign matter etc. according to computed this dispersion. It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which processes said picture signal. Moreover, this invention is characterized by having an output means to output the inspection result of the defect judged with said judgment means, and the data corresponding to the criterion set up with said criterion setting means to the image-processing section in said defective test equipment.

[0015] Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display the map information or the image to the structure of the same configuration about the criterion judged. Moreover, this invention is characterized by having a means by which said criterion can be set up, according to an area priority mode, a canonical mode, and a sensibility priority mode at the image-processing section in said defective test equipment. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display relation with the index about the inspection area corresponding to the criterion and it which are judged.

[0016] Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display the sensitivity information over the structure of the same

configuration corresponding to the criterion judged. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Based on the criterion set up by the criterion setting means and this criterion setting means of making a criterion corresponding to the condition of the substrate in the structure of said same configuration, changing it, and setting it up It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system, and is processed to said picture signal. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Based on the criterion set up by the criterion setting means and this criterion setting means of setting up a criterion according to the size of the defect specified by assignment means to specify the size of a defect, and this assignment means It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system, and is processed to said picture signal.

[0017] Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, It has the control system which controls the power of the illumination light illuminated by said illumination-light study system according to the size of the defect by which this assignment means was carried out to an assignment means to specify the size of a defect. It is defective test equipment characterized by having the image-processing section processed to the picture signal detected from said detection optical system. Moreover, the image pick-up optical system which has the detection optical system which this invention is laid on a stage, receives the reflected light from the illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, and said inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, The image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from the detection optical system of this image pick-up optical system, Furthermore, in order to observe the optical image on said inspected object, it is defective test equipment characterized by having said image pick-up optical system and the installed optical observation microscope.

[0018] Moreover, this invention is characterized by constituting the optical observation microscope in said defective test equipment from an ultraviolet optics observation microscope. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to the front face of an inspected object, The detection optical system which receives the light reflected from an inspected object with a photo-electric-conversion means, changes into a signal, and is detected, It is defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a means to process the signal detected by this detection optical system, to conduct defective inspection, and to output this defective inspection result including the pattern information in which a defect exists. Moreover, this invention is characterized by the pattern information outputted being the information acquired from the design data of the structure in the means of the image-processing section in said defective test equipment. Moreover, the illumination-light study system in which this invention illuminates light to the front face of an inspected object, The detection optical system which receives the light reflected from an inspected object with a photo-electric-conversion means, changes into a signal, and is detected, It is defective test equipment equipped with the image-processing section which has a means to process the signal detected by this detection optical system, to extract the signal level of a defect, to amend the signal level of this extracted defect so that the magnitude of a defect may be shown, and to output the signal level of this

amended defect.

[0019] Moreover, this invention is characterized by performing amendment of the signal level of a defect based on the data of the reflection factor on lighting reinforcement or the front face of the structure in the means in said defective test equipment. Moreover, this invention is characterized by having the optical system which operates orthopedically so that it may have the illuminance distribution used as the Gaussian distribution which makes a standard deviation mostly die length from the optical axis of this detection field to a periphery as said slit-like beam flux of light to the detection-beam by which outgoing radiation is carried out from said light source field on said substrate for inspected, and acquires the slit-like Gaussian beam flux of light in the illumination-light study system in said defective test equipment. In an illumination-light study system [ in / in this invention / said defective test equipment ] moreover, as said slit-like beam flux of light As opposed to the detection-beam by which outgoing radiation is carried out from said light source field on said substrate for inspected So that the ratio of the illuminance of the periphery of a detection field to the illuminance of the core of this detection field may become 0.46 to about 0.73 It is characterized by having the optical system which a path or major-axis die length is fitted to the die length between the peripheries centering on the optical axis of said detection field, operates orthopedically, and acquires the slit-like Gaussian beam flux of light. Moreover, it is characterized by the slit-like Gaussian beam flux of light by which this invention is illuminated by the illumination-light study system in said defective test equipment being the DUV beam flux of light. Moreover, this invention is characterized by constituting the image sensors in detection optical system from TDI image sensors in said defective test equipment.

[0020] As explained above, according to said configuration, to the substrate for inspected with which a repeat pattern, a non-repeat pattern, and those without a pattern are intermingled, it is a high speed and, moreover, the defect of a minute foreign matter etc. can be inspected with high precision. Moreover, according to said configuration, the quantity of light of the Gaussian beam flux of light by which outgoing radiation is carried out from the usual cheap light source, for example, a laser light source, is used effectively, it is high sensitivity and the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. can also be inspected at high speed. Moreover, according to said configuration, the quantity of light of the Gaussian beam flux of light by which outgoing radiation is carried out, for example from a laser light source is used effectively. and the lack [ in / it is alike, it follows and / the periphery of the detection field on the substrate for inspected ] of an illuminance which separates from an optical axis in detection optical system and to which is resembled, and is followed and MTF falls -- canceling -- a pole about 0.1 micrometers or less -- the defect of a minute foreign matter etc. by high sensitivity And it is in offering the defective test equipment it enabled it to inspect at high speed, and its approach. Moreover, the defect of a true foreign matter etc. can be inspected, without according to said configuration, setting the threshold level which is a criterion as the optimal sensibility according to the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected, and making a misreport increase remarkably.

[0021] Moreover, according to said configuration, the defect of the foreign matter of size etc. in which he wants to set up and detect the threshold level which is a criterion according to defective sizes, such as a foreign matter to detect in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected, can be inspected. Moreover, according to said configuration, as the size of the defect of the foreign matter which exists in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected can be presumed, the defect of a foreign matter etc. can be inspected. Moreover, according to said configuration, inspection of total and sufficient inspection frequency can carry out sampling inspection implementation, and an efficient substrate production line can be built.

[0022]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation concerning this invention is explained using drawing. First, the inspected object 1 which inspects the defect of the foreign matter concerning this invention etc. is explained using drawing 1 and drawing 2 . As an inspected object 1 which inspects the defect of a foreign matter etc., as shown in drawing 1 , there is semi-conductor wafer 1a which arranged chip 1aa which consists of memory LSI to two-dimensional at the predetermined spacing. And memory

cell field 1ab, circumference circuit field 1ac which consists of a decoder, a control circuit, etc., and other field 1ad(s) are mainly formed in chip 1aa which consists of memory LSI. Memory cell field 1ab arranges regularly the memory cell pattern whose minimum line width is about 0.1-0.3 micrometers to two-dimensional, and forms it (repeating). However, circumference circuit field 1ac is formed by the non-repeat pattern which is not arranged regularly two-dimensional in the pattern whose minimum line width is about 0.2-0.4 micrometers. Moreover, as other fields, there is a bonding area field (minimum line width is near without a pattern at for example, 10-micrometer order extent), for example.

[0023] As an inspected object 1 which inspects the defect of a foreign matter etc., as shown in drawing 2, there is semi-conductor wafer 1b which arranged chip 1ba which consists of LSI, such as a microcomputer, to two-dimensional at the predetermined spacing. And chip 1ba which consists of LSI, such as a microcomputer, is formed mainly by register group field 1bb, memory section field 1bc, core-based-CPU section field 1bd, and I/O section field 1be. In addition, drawing 2 indicates notionally arrays with I/O section field 1be to be memory section field 1bc and core-based-CPU section field 1bd. Register group field 1bb and memory section field 1bc arrange regularly the pattern whose minimum line width is about 0.1-0.3 micrometers to two-dimensional, and form it (repeating). Core-based-CPU section field 1bd and I/O section field 1be form the pattern whose minimum line width is about 0.1-0.3 micrometers by the non-repeat. Thus, although the chip is regularly arranged for the inspected object 1 which inspects the defect of a foreign matter etc. for the semi-conductor wafer, minimum line width differs for every field in a chip, repeatedly, it can be nothing or, moreover, a pattern can consider a non-repeat and various gestalten.

[0024] The defective test equipment and the approaches concerning this invention, such as a foreign matter In such an inspected object 1, the zero-order diffracted light from the pattern (line pattern) which consists of a straight-line group on the non-repeat pattern space in a chip It enables it to detect a signal from the defect of a foreign matter etc. by receiving the scattered light produced according to the defect of the foreign matter which exists on a non-repeat pattern space while not being made to carry out incidence to the entrance pupils 20a and 20c of an objective lens, as shown in drawing 12 and drawing 2121. It enabled it to compute the position coordinate of the defect. Moreover, even if the process which does not become a defect made the mistake in being delicate and dispersion arose to the background signal by the noise at the time of detection etc., the detection sensitivity and the throughput of a defect of a foreign matter etc. were made for the defective test equipment and the approaches concerning this invention, such as a foreign matter, to improve in the above-mentioned inspected object 1 by setting up the threshold for extracting the defect of a foreign matter etc. according to this dispersion.

[0025] Next, the gestalt of operation of the 1st of defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is explained using drawing 3 and drawing 4. The gestalt of operation of the 1st of defective test equipment, such as a foreign matter The stage section 300 which consists of a substrate installation base 304, xyz stages 301, 302, and 303, and a stage controller 305, The three lighting optical-system sections 100 which consist of a beam splitter which consists of a laser light source 101, a concave lens 102, and a convex lens 103, and a lighting lens 104 with a cone curved surface, The 1-dimensional detectors 205, such as the detection lens 201, a spatial filter 202, the image formation lens 203, the ND (Neutral Density) filter 207, a beam splitter 204, a polarizing element 208, and a TDI sensor (image sensors), The detection optical-system section 200 which consists of 206, the data memory 402 delayed by one chip since a pattern is surely repeated between the A/D-conversion sections 401, for example, a chip, as shown in drawing 4, and the difference which takes the difference of the signal during a chip -- the processing circuit 403 and the memory 404 which stores the difference signal during a chip temporarily -- The greatest and minimum signal which is not usual [ in a difference signal ] The sampling number n for searching for the maximum minimum removal circuit 405 to remove, the square calculation circuit 406 of signal level s, the calculation circuit 407 of signal level s, the number count circuit 408, the square sum calculation circuit 409 that integrates with the square of s, the sum calculation circuit 410 which integrates with s, and dispersion The data-processing section 400 which consists of output means 417 to output a defective detection result while memorizing defective



detection results, such as the counting circuit 411 to compute, the upper limit criterion (forward side threshold) calculation circuit 412, the minimum criterion (negative side threshold) calculation circuit 413, comparator circuits 414 and 415, and a foreign matter. It is constituted by the white lighting optical-system section 500 which consists of a source 106 of the white light, and a lighting lens 107. Especially as a TDI sensor, an anti blooming type is desirable. Thus, as a TDI sensor, if an anti blooming type is used, defective inspection of the foreign matter near the saturation region etc. will be attained.

[0026] In addition, the data-processing section 400 is explained in detail later. The three lighting optical-system sections 100 let the beam splitter which consists of a concave lens 102 and a convex lens 103 in the light injected from the laser light source 101, and the lighting lens 104 with a cone curved surface pass. It is constituted so that the longitudinal direction of the slit beam 3 of the above may be superficially suitable in the array direction of a chip from three directions 10, 11, and 12 to the wafer (substrate for inspected) 1 installed on the installation base 304 and the slit-like beam 3 may be illuminated, as shown in drawing 5. In addition, because improvement in the speed was realized for inspection of the defect of a foreign matter etc., it is made the slit-like beam 3 as illumination light. That is, as shown in drawing 5, the beam 3 illuminated on the wafer 1 which arranged the chip 2 towards the x directions of the scanning direction of x stages 301 and the direction of y of the scanning direction of the y stage 302 is narrow to the scanning direction y of the y stage 302, and is illuminated with a large slit beam to the perpendicular direction x (scanning direction of x stages 301). And in the direction of y, in the x directions, the beam 3 of the shape of this slit is illuminated so that the image of the light source may carry out image formation, and it may become parallel light. In addition, lighting of the beam 3 of the shape of a slit from three directions 10, 11, and 12 may be performed according to an individual, and you may carry out to coincidence from 2-ways 10 and 12. By the way, having used the longitudinal direction of the slit-like beam 3 as the right angle to the scanning direction y of the y stage 302 towards the array direction of a chip to the wafer (substrate for inspected) 1 As the integral direction of the TDI sensors 205 and 206 and the transit direction of a stage can be kept parallel and it is shown in drawing 14 It enables it to use the usual TDI sensor, while being able to simplify the comparison between chips of a picture signal moreover, calculation of a defective position coordinate can also be performed easily, and it enabled it to, realize improvement in the speed of defective inspection, such as a foreign matter, as a result. In order to make it become a right angle to the scanning direction y of the y stage 302 towards the array direction of a chip especially to a wafer (substrate for inspected) 1 with the lighting of the beam 3 of the shape of a slit from directions 10 and 12, the lighting lens 104 with a cone curved surface is needed.

[0027] The lighting lens 104 of a cone configuration is shown in drawing 6. This lighting lens 104 is the location of the longitudinal direction of a cylindrical lens, and is a lens into which focal distances differed and this focal distance was changed linearly. As shown in drawing 6, even if it illuminates from across by this configuration (it is compatible in the inclination of  $\alpha_1$  and  $\phi_1$ ), it can narrow down in the direction of y and can illuminate with the beam 3 of the shape of a slit collimated in the x directions. That is, with this lighting lens 104, it has parallel light in the x directions as shown in drawing 9 (a), and neighboring lighting can be realized  $\phi_1 = 45$  degrees. As shown especially in drawing 9 (a), by making the slit-like beam 3 into parallel light in the x directions, a diffracted-light pattern will be obtained from the circuit pattern main straight-line groups turned [ pattern ] to x directions and the direction of y, and it can shade with a spatial filter 202. Next, the manufacture approach of the lighting lens 104 with a cone curved surface is explained using drawing 7 R> 7 and drawing 8. This cone lens 104 is made from glass or a quartz, can polish the cone 23 which has a predetermined area of base and predetermined height, and can cut down and create the lens of a single-sided flat surface from a broth and a position. There should be a curved surface of the lens shown in drawing 6 needed by this invention essentially not on a cone but on the curved surface 24 as shown in drawing 8. However, since it is difficult for the stereo shown in drawing 8 to polish since it is not body of revolution, it is approximated by the cone 23 shown in drawing 7. Actually, if N.A. is about 0.02 to 0.2 lens, there will be no big problem.



[0028] When the configuration of the 23rd page of a cone shown in drawing 7 establishes a zero in top-most vertices and sets a vertical angle to  $\theta_1$ , the formula shown below (several 1) will be followed.  
 $x^2 + y^2 = (z \tan \theta_1)^2$  (several 1)

Moreover, when the curved surface 24 shown in drawing 8 establishes a zero in top-most vertices and sets a vertical angle to  $\theta_2$ , the formula shown below (several 2) will be followed.

$(x - z \tan \theta_2)^2 + y^2 = (z \tan \theta_2)^2$  (several 2)

In addition, the creation approach of the cone lens 104 puts a glass substrate on the creation approach shown here at the injection molding method which slushes plastics etc. into \*\*\*\*\* and other approaches, for example, the mold which was created beforehand, and which has a conical surface, and the conical surface created beforehand, and can also create the approach of carrying out melting of the substrate.

[0029] In this invention, lighting of the direction criticalness of y and the x direction collimation is realized using this cone lens 104. A configuration for that is shown in drawing 9 (a) and (b). Incidence of the light injected from the laser light source 101 is carried out to the cone lens 104 through the beam expander which consists of a concave lens 102 and a convex lens 103. With the cone lens 104, it is illuminated in the form collimated since it did not have the lens effectiveness in the x directions.

Moreover, at the both ends of the cone lens 104, since curvatures differ, focal locations differ. To coincidence, it condenses on a wafer 1 with the curvature of the cone lens 104 in the direction of y.

[0030] Drawing 10 is the top view showing the three lighting optical-system sections 100 constituted from one laser light source 101 as a laser light source 101. By branching to two optical paths by the branching optical elements 110, such as a half mirror, reflecting one side by mirrors 111 and 112, turning caudad the laser beam which carried out outgoing radiation from the laser light source 101 by the mirror 113, and carrying out incidence to a concave lens 102, the lighting beam from the direction of 11 can be obtained, and another side advances to the branching optical elements 114, such as a half mirror. By making it reflect by the mirror 115, turning caudad by the mirror 117, and carrying out incidence to a concave lens 102, while branching by this branching optical element 114, the lighting beam from the direction of 10 can be obtained, and another side can obtain the lighting beam from the direction of 10 by turning caudad by the mirror 116 and carrying out incidence to a concave lens 102. By the way, when illuminating only from the direction of 11, it can realize by switching to the mirror element 118 from the branching optical element 110. Moreover, when illuminating only from the direction of 10 and 12, it can realize by making the branching optical element 110 leave an optical path, or switching to the optical element of bypassing. Moreover, when illuminating only from 12 directions among the lighting from 10 and 12 directions, it can realize by switching to the mirror element 119 from the branching optical element 114.

[0031] In addition, although it is good to use the 2nd higher harmonic SHG and wavelength of 532nm of an YAG laser of high power by branched relation as a laser light source 101, it is not necessary to be necessarily 532nm. Moreover, it is not necessary to be YAGSHG as a laser light source 101. That is, Ar laser, nitrogen laser, helium-Cd laser, excimer laser, etc. may be other light sources as a laser light source 101. The detection optical-system section 200 lets the spatial filter 202 which shades the Fourier transform image according the light injected from the wafer 1 to the reflection diffraction light from the detection lens (objective lens) 201 and a repeat pattern, the image formation lens 203, ND filter (it does not call at a wavelength band but the quantity of light is adjusted.) 207, a beam splitter 204, and a polarizing element 208 pass, and it is constituted so that the 1-dimensional detectors 205 and 206, such as a TDI sensor, may detect. The spatial filter 202 is put on the spatial-frequency field of an objective lens 201, i.e., the image formation location of the Fourier transform (it is equivalent to an exit pupil.), that the Fourier transform image by the reflection diffraction light from a repeat pattern should be shaded. Moreover, when a polarizing element 208 carries out polarization lighting in the lighting optical-system section 100, it shades the polarization component by the reflective scattered light produced from the edge of a circuit pattern, penetrates a part of polarization component by the reflective scattered light produced from the defect of a foreign matter etc., and does not necessarily need it in this invention. Here, image formation of the lighting area 4 on the wafer 1 shown in drawing 5 is carried out

on a detector 205 and 206 by the objective lens 201 and image formation 203 which constitute a relay lens. That is, 4 shows the light-receiving area of the 1-dimensional detectors 205 and 206, such as a TDI sensor.

[0032] As mentioned above, when the slit-like beam 3 is illuminated to the wafer (substrate) 1 with which the circuit pattern of various gestalten was formed, this reflection diffraction light (or scattered light) will inject from the defect of the front face of a wafer, a circuit pattern, a foreign matter, etc. This injected light lets the detection lens 201, a spatial filter 202, the image formation lens 203, ND filter 207, a polarizing element 208, and a beam splitter 204 pass, and photo electric conversion is received and carried out with detectors 205 and 206. Here, the sequence of ND filter 207, a polarizing element 208, and a beam splitter 204 does not need to be the sequence raised here. When especially ND filter 207 is arranged after a beam splitter 204, it has \*\*\*\*\* that the luminous intensity included in two detectors 205 and 206 is independently controllable. Moreover, transparency of a beam splitter 204 and a reflection factor do not need to be 50%. For example, if constituted to the wind called 1% and 99%, the light of the reinforcement of about 1/100 will carry out incidence to one detector, and the dynamic range on the appearance of a detector can be improved by using the signal acquired from two detectors which receive the light from which these reinforcement differs, respectively. Therefore, in the data-processing section 400, the detecting signal from the defect of the foreign matter which raised the dynamic range can be obtained by using the signal acquired from a detector 205, and the signal acquired from a detector 206. The component especially the signal that a detector receives light with large reinforcement and is acquired indicates the defect in which reinforcement is large to be will be emphasized, and a component with the signal near the background that reinforcement is small which a detector receives light with small reinforcement and is acquired will be emphasized. Therefore, the dynamic range of a signal in which a defect is shown can be raised by taking correlation of the ratio of both signals etc. However, also by controlling and changing the illuminance (power) of the beam flux of light irradiated from the illumination-light study system of laser light source 101 grade, a dynamic range can be changed and a beam splitter 204 and one detector 206 can be lost.

[0033] Next, it explains still more concretely about the relation of the slit-like beam 3 and the detection optical-system section 200 which are illuminated to a wafer 1 in the lighting optical-system section 100 concerning this invention. The top view of the direction of detection by the 1-dimensional detectors 205 and 206, such as lighting by the slit-like beam 3 and a TDI sensor, is shown in drawing 5. The wafer 1 top with which the pattern 2 was formed is illuminated with the slit-like beam 3. The image 4 by the detection optical system of the 1-dimensional detectors 205 and 206 is shown. The slit-like beam 3 is illuminated from the superficial directions 10, 11, and 12. Drawing 11 (a) carries out supplementary information of drawing 5, and shows the lighting direction 10, the detection direction 14 (the case of being perpendicular to the front face of a wafer is shown), a x axis, and the y-axis. Moreover, the spherical surface 17 is for considering the opening location of the objective lens 201 which assumes to imagination and can set the detection optical-system section 100 by drawing 5. The intersections of this spherical surface 17, and the illumination light 10 and the detection light 14 are 15 and 16, respectively. Drawing 11 (b) shows the situation of injection of the diffracted light at the time of illuminating from a direction 10. By making the intersection 18 of the injection direction 19 of specular reflection light, and the virtual spherical surface 17 into zero-order light, as shown in drawing 7 (b), in order to inject in the direction of \*\* of the cone which makes an illuminating point top-most vertices a core [ the direction of a pattern (x directions, the direction of y) ], the miracle of an intersection with the virtual spherical surface 17 comes on the periphery of the base of this cone.

[0034] Therefore, if this miracle is seen from a normal, it will become a straight line parallel to a x axis and the y-axis.

[0035] By the way, opening of the objective lens 201 in the detection optical-system section 200 to which  $\beta_1=0$  does not lean is set to opening 20a shown in drawing 12  $R>2$  and drawing 13. Here, the include angles  $\phi_1$  and  $\phi_2$  of the directions 10 and 12 of lighting are set as about 45 degrees. As shown in drawing 3, the front face of a wafer 1 is received in the optical axis of the detection optical system 200. A perpendicular, When it is made  $\beta_1=0$ , namely, the relation between the numerical

aperture (N.A.) of the detection lens (objective lens) 201, and the include angle  $\alpha_1$  ( drawing 3 ) of the illumination light As shown in drawing 12 , the zero-order diffracted lights 21x and 21y of the x and the direction of y of [ from the circuit pattern with which the main straight-line group was suitable in x and the direction of y ] should be set as the range determined from the formula shown below (several 3) based on the conditions which do not carry out incidence to the pupil of the detection lens 201. Namely, by making the include angles  $\phi_1$  and  $\phi_2$  of the directions 10 and 12 of lighting into about 45 degrees, and making it satisfy the formula showing the relation between the numerical aperture (N.A.) of the detection lens (objective lens) 201, and the include angle  $\alpha_1$  ( drawing 3 ) of the illumination light below (several 3) Even if it is a non-repeat pattern, a main straight-line group becomes possible [ abolishing carrying out incidence of the zero-order diffracted lights 21x and 21y of the x and the direction of y of / from the circuit pattern which was suitable in x and the direction of y / to opening 20a of an objective lens 201 ].

[0036]

$N.A. < \cos \alpha_1$  and  $\sin \phi_1$  and --  $N.A. < \cos \alpha_1$  and  $\sin (\pi/2 - \phi_1)$  (several 3)

In addition, what is necessary is just to make numerical aperture (N.A.) of an objective lens 201 or less into about 0.4, if  $\alpha_1$  is made into 30 degrees or less. Especially these conditions become effective to the logic LSI which has core-based-CPU section field 1bd which has a non-repeat pattern in LSI1ba(s), such as circumference circuit field 1ac which has a non-repeat pattern in memory LSI1aa as an inspected object 1, and a microcomputer, I/O section field 1be, and a non-repeat pattern. Since the pattern (main straight-line groups are ) is formed in right-angle parallel in many cases, these zero-order diffracted lights will inject these LSI pattern in the specific direction. Then, the diffracted light from the pattern of these many is eliminated, and detection of only the reflection diffraction light from the defect of a foreign matter etc. is made easy because it is not made to carry out incidence of this injected zero-order diffracted light to an objective lens 201. The detection signal level from a circuit pattern will fall, and, specifically, the detectable fields in high sensitivity will increase in number the defect of a foreign matter etc. Naturally, since incidence of the diffracted light of a high order (primary ... [ secondary / 3rd ]) will be carried out to opening 20a of an objective lens 201 in the case of a non-repeat pattern, this high order diffracted light will appear as a straight-line group parallel to the zero-order diffracted lights 21x and 21y shown in drawing 12 . Then, eliminating is also possible by shading such the high order diffracted light with the thin band-like spatial filter 202.

[0037] Moreover, it is necessary to the substrate 1 for inspected (wafer) to inspect the foreign matter or the defect which the crevice during wiring etc. was entered, the dirty remainder, etc. However, in order for a non-repeat pattern to exist on the substrate 1 for inspected and for the zero-order diffracted light of this non-repeat pattern not to carry out incidence to an objective lens 201 As explained above, with having illuminated the beam 3 of the shape of a slit which has a longitudinal direction from the directions 10 and 12 of the include angle of about 45 degrees in the x directions to the y-axis on the substrate 1, it becomes difficult for wiring which is heights to interfere and to fully illuminate a crevice. Then, when circuit patterns are many, a right angle and since it is formed in parallel, it becomes possible by illuminating the slit-like beam 3 from the direction 11 parallel to the y-axis to a substrate 1 to illuminate the crevice during wiring etc. enough. There is especially a circuit pattern of Memory LSI by the straight-line pattern with a die length of several mm in many cases, and inspection of it is attained with the lighting from this direction 11 in many cases. Moreover, inspection of the case of the direction of 90 degrees is attained with a pattern by making it rotate 90 degrees, and inspecting a wafer, or carrying out the lighting direction in the x directions.

[0038] However, since zero-order diffracted-light 21y' of the direction of y will carry out incidence to opening 20a of an objective lens 201 among zero-order diffracted-light 21x' and 21y' as shown in drawing 13 when the slit-like beam 3 is illuminated from a direction 11, this zero-order diffracted-light 21y' needs to be shaded and eliminated with a spatial filter 202 at least. Under the present circumstances, it is also possible to shade and eliminate the high order diffracted light with a spatial filter 202 naturally. As mentioned above, although the elimination approach of the zero-order diffracted light was explained especially from the non-repeat pattern in the case of the non-repeat pattern which exists in the chip 2 on

the substrate 1 for inspected In a chip 2, like register group field 1bb in memory cell field 1ab in memory LSI1aa, and LSI1ba(s), such as a microcomputer, and memory section field 1bc A repeat pattern will exist and it is required that the diffracted-light stripes (diffraction interference light stripes) from this repeat pattern should be shaded with a spatial filter 202. In short, in a chip 2, since a repeat pattern, a non-repeat pattern, and those without a pattern will be intermingled and line breadth will moreover also differ, respectively, the protection-from-light pattern of a spatial filter 202 will be set up so that the diffracted light from for example, a repeat pattern with much frequency may usually be eliminated. Moreover, what is necessary is just to make it change according to the circuit pattern in a chip 2, if what can change . protection-from-light pattern is used as a spatial filter 202 as indicated by JP,5-218163,A and JP,6-258239,A. Moreover, that from which a protection-from-light pattern differs is prepared as a spatial filter 202, and you may switch according to the circuit pattern in a chip 2.

[0039] Next, detection sensitivity settling according to defective sizes, such as a foreign matter which it is going to detect, is explained. That is, if detection pixel size on the inspected object 1 of the 1-dimensional detectors (image sensors) 205 and 206, such as a TDI sensor, is made small, although a throughput will fall, improvement in detection sensitivity can be expected. Then, in case the defect of a foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. is detected, it is good to change and use for the detection optical system 200 which makes pixel size small. It is good to specifically have three kinds of detection optical system 200 from which the size of the image on a wafer 1 becomes 2 microns, 1 micron, and 0.5 microns about pixels, such as a TDI sensor. as the implementation approach of this configuration -- optical system 200 -- all may be changed, and only a lens (lens group) 203 may be changed, or a lens (lens group) 201 may be changed. Under the present circumstances, it is good to design the configuration of a lens so that it is not necessary to change the optical path length from the wafer 1 to the 1-dimensional detectors 205 and 206, such as a TDI sensor. Of course, when such a design is difficult, it may combine with the change of a lens and the device which can change the distance to a sensor may be used. Moreover, what changed the pixel size of the sensor itself may be changed. Next, the concrete example of the relation between the beam 3 of the shape of a slit from three directions and the TDI sensors 205 and 206 is explained using drawing 14 . The relation between the image 4 of TDI on a wafer 1, and the slit-like beam 3-10 from a direction 10 and the slit-like beam 3-12 from a direction 12 is shown in drawing 14 . As shown in drawing 10 , when illuminating the lighting beam obtained from the same laser light source 101 by branching from the direction of directions 10 and 12, it will interfere in these beams, respectively and dispersion will come out of them to reinforcement by lighting within the limits. Then, as shown in drawing 14 , the effect of interference can be removed by illuminating so that these beams 3-10 and 3-12 may not cross within the limits of the image 4 of TDI. When using the TDI sensors 205 and 206, in order to integrate with a detection output within the limits of 4 in the direction of y synchronizing with transit of y stage, it is satisfactory even if the location is shifted in this way. Moreover, what is necessary is just to illuminate three beams similarly so that it may not cross in the range in which a lap does not become a problem when using the slit-like beam 3-11 from [ 11 ] lighting. The same thing cannot be overemphasized also when using two beams among 10, 11, and 12.

[0040] Moreover, although not illustrated here, even if it illuminates in piles the slit-like beam irradiated from directions 10 and 12 to coincidence in the same part, it will interfere, but since an interference fringe inclines to the direction of y, dispersion by interference of lighting reinforcement can be reduced according to the storage effect of the above-mentioned TDI sensors 205 and 206. Therefore, as are shown in drawing 14 and not crossed in a beam 3-10 and 3-12, it is not necessary to illuminate. Next, the gestalt of operation of the 2nd of defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is explained. The gestalt of the 2nd operation leans the optical axis of the detection optical-system section 200 beta1 from a perpendicular, in order to strengthen the scattered-light reinforcement from the defect of a foreign matter etc., as shown in drawing 15 . Other configurations are the same as that of the gestalt of the 1st operation shown in drawing 3 . By the way, as shown in drawing 16 , the scattered-light reinforcement from the particle for detection (foreign matter) becomes large, and detection sensitivity of the reason for having leaned the optical axis of the detection optical-system

section 200 beta1 from the perpendicular improves. Since the scattered lights 52 from that of a front face with the wavelength near  $1/10$  or less etc. are mostly scattered on us to the thing with the forward-scattering light 51 large [ this ] to lighting wavelength, ahead, a larger particle (foreign matter) than several [  $1/$  ] originates in the scattered light from a particle becoming large relatively. consequently, the field on a circuit pattern -- even when two or more that are in a detection pixel, they come to show that total amount to reinforcement 53. therefore, the thing for which forward scattering is taken -- a field -- it becomes detectable about a particle or a defect to that.

[0041] However, when a TDI (Time Delay Integration) sensor is used for detectors 205 and 206, the optical axis of the detection optical-system section 200 cannot be leaned due to the depth of focus. Therefore, in the case of the gestalt of this 2nd operation, using a 1-dimensional sensor, the detection optical system 201-203 is increased actual size or several times, and as shown in drawing 17 , the inclination of the TDI sensors 205 and 206 is set as beta 2 according to the formula shown below (several 4). A scale factor can be doubled by doing in this way on the whole surface.

$\tan\beta_2 = M \cdot \tan\beta_1$  (several 4)

However, M is taken as the scale factor of the detection optical system 201-203. In addition, when using a 1-dimensional sensor, this inclination beta 2 is unnecessary.

[0042] Next, in the gestalt of this 2nd operation, it explains eliminating the diffracted light produced from a non-repeat pattern and a repeat pattern, and detecting the scattered light from the defect of a foreign matter etc. with the 1-dimensional detectors 205 and 206, such as a TDI sensor. Also in the gestalt of this 2nd operation, as the slit-like beam 3 shows drawing 5 to the substrate 1 for inspected (wafer), it is illuminated. And as shown in drawing 11 (a), when it illuminates from a direction 10, the situation of injection of the diffracted light from a substrate 1 comes to be shown in drawing 1111 (b) like the 1st example. Namely, by making the intersection 18 of the injection direction 19 of specular reflection light, and the virtual spherical surface into zero-order light, as shown in drawing 11 (b), in order to inject in the direction of \*\* of the cone which makes an illuminating point top-most vertices a core [ the direction of a pattern (x directions, the direction of y) ], the miracle of an intersection with the virtual spherical surface 17 comes on the periphery of the base of this cone. Therefore, in the case of a repeat pattern, if the miracle of the zero-order diffracted light is seen from a normal, as shown in drawing 18 , it will become a straight line parallel to a x axis and the y-axis. In the case of a repeat pattern, especially the maximum of the zero-order diffracted light is located in the intersection 22 of this straight-line group. Therefore, opening 20b of the objective lens 201 in the detection optical system 200 which inclined beta1 comes to be shown in drawing 18 . And when this opening 20b is seen from a direction 14 (the direction of an optical axis), the zero-order diffracted light 22 injects and it is visible at the intersection of a curve and a straight line as shown in drawing 19 (a). Then, in a spatial filter 202, when these diffracted lights are shaded by the protection-from-light section 207 of the shape of a straight line as shown in drawing 19 (b), the signal from a pattern can be removed. Moreover, when the pattern configuration of the repeat pattern on a wafer 1 and a pitch change, the pitch of the miracle of x and the direction of y changes focusing on the injecting point 18 of drawing 18 . Therefore, the pitch and phase of the diffracted light 22 will change within opening 20b. What is necessary is just to change the pitch and phase of the straight-line-like protection-from-light section 207 in a spatial filter 202, in order to shade these diffracted lights. As explained above, about a repeat pattern, it becomes possible to shade the diffracted light produced with a spatial filter 202.

[0043] Next, the case of a non-repeat pattern is explained. Also in the non-repeat pattern, it is formed from the straight-line pattern which mainly turned to x and the direction of y. Therefore, like drawing 12 , when the slit-like beam 3 is illuminated from a direction 10, as shown in drawing 20 , the zero-order diffracted lights 21x and 21y of x and the direction of y will arise. However, although the scattered light from a particle will become large if the optical axis of the detection optical system 200 is leaned beta1, zero-order diffracted-light 21x by which outgoing radiation was carried out in the direction of y will enter in opening 20b of an objective lens 201. Therefore, in the case of a non-repeat pattern, it will be necessary to shade zero-order diffracted-light 21x with a spatial filter 202. Thus, since the diffracted-light stripes which are produced in the case of a repeat pattern, and the zero-order diffracted-light pattern

in the case of a non-repeat pattern will be different, it will be necessary to give both diffracted-light patterns to a spatial filter 202. However, when it is going to shade both diffracted-light patterns with a spatial filter, the reinforcement of the scattered light from the defect of the foreign matter which penetrates this spatial filter will decline, and sensibility will fall. Then, by [ which were mentioned above ] making perpendicular the optical axis of the detection optical system 200, and positioning opening of an objective lens 201 in 20a like the gestalt of the 1st operation Even if it illuminates the slit-like beam 3 from directions 10 and 12 to a non-repeat pattern The zero-order diffracted-light patterns 21x and 21y become possible [ preventing carrying out incidence into opening 20a of an objective lens 201 ], and become possible [ detecting the defect of the foreign matter which exists on a non-repeat pattern ].

[0044] However, when it is going to detect the defect of the foreign matter which was mentioned above and which exists in the crevice during wiring as the gestalt of the 1st operation explained, as it is shown in drawing 13 , to illuminate [ 11 ] the slit-like beam 3 from the y-axis is needed. However, as shown in drawing 13 , incidence of zero-order diffracted-light 21y' will be carried out to opening 20a of an objective lens 201, and it will be necessary to shade in spatial filter 202 grade. But detection of the defect of the foreign matter which exists in the crevice during wiring is not the main thing of detection of the defect of a foreign matter etc., and since it is that as which an inspected object pattern is specified, also in an image processing, a cure is possible for it. It becomes possible to make it satisfied, if it constitutes so that the conditions explained above may be explained below. Namely, stop the lighting from directions 10 and 12 leaned about 45 degrees to the y-axis, and it illuminates with the beam 3 of the shape of a slit from [ 11 ] the y-axis. In the location of 20c which shows opening of an objective lens 201 to drawing 21 by leaning the optical axis of the detection optical system 200 in y and the direction of a x axis from a perpendicular, by Lycium chinense In the case of a non-repeat pattern, it can prevent zero-order diffracted-light 21x' and that 21y' carries out incidence to opening 20c of an objective lens 201. If it does in this way, a spatial filter 202 can be constituted so that only the diffracted-light stripes produced from a repeat pattern may shade, and will become possible [ preventing the fall of the reinforcement of the scattered light from the defect of the foreign matter which penetrates a spatial filter ].

[0045] However, it is necessary to make N.A. of an objective lens 201 small in this case. Although the problem is the focal location of detectors 205 and 206, as shown in drawing 17 , it can double a focus throughout image formation by the configuration which leaned detectors 205 and 206. In this case, it is necessary to lean the inclination of detectors 205 and 206 in the direction perpendicular not only to the direction of beta 2 but both beta 2 and a direction 14 at coincidence. Furthermore, according to the detection optical system 200, since telecentric optical system is used, lateral magnification is not changed in the part from which a focal location differs.

[0046] Next, the gestalt of operation of the 3rd of defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is explained. The gestalt of this 3rd operation is inferior to the gestalt of the 1st and the 2nd operation. this -- the -- three -- operation -- a gestalt -- drawing 22 -- being shown -- as -- a circuit -- a pattern -- receiving -- 45 -- a degree -- a direction -- ten -- 12 -- from -- a cone -- a lens -- 104 -- using -- without -- a cylindrical lens -- 104 -- ' -- using -- only -- a slit -- \*\* -- a beam -- a longitudinal direction -- lighting -- a direction -- ten -- 12 -- having turned -- a slit -- \*\* -- a beam -- three -- ' -- a wafer -- one -- a top -- illuminating -- a thing -- it is . That is, the beam of a configuration parallel to the plane of incidence of lighting is illuminated on a wafer 1 from the directions 10 and 12 to which only the include angle near 45 was leaned [ of the chip formed on the wafer 1 ] from the array. Naturally, slit-like beam 3' is formed in a longitudinal direction with parallel light, and, crosswise, is extracted to it. In addition, about the diffracted light from a repeat pattern and a non-repeat pattern formed in the chip 2 on the wafer 1, it becomes being the same as that of the gestalt of the above 1st and the 2nd implementation. With the gestalt of this 3rd operation, in order to simplify a chip comparison, it is necessary to use the scanning direction y of a stage as parallel to a chip, or a right angle. Furthermore, with the gestalt of this operation, since the integral direction of a TDI sensor does not become parallel to the stage scanning direction y, a TDI sensor cannot be used as detectors 205 and 206. Therefore, it is

necessary to use a 1-dimensional linear sensor as detectors 205 and 206. Since the lightwave signal from area narrower than the beam width of lighting will be detected in the case of a linear sensor, in order to use the illumination light efficiently, lighting beam 3' is good to extract to the width of face near the image 4 of a sensor. When the pixel size of a sensor is 6.5 times the scale factor of 13 microns and optical system of this, specifically, the image of the sensor on a wafer serves as pixel size of 2 microns. When using laser with a wavelength of 532nm in this case, numerical-aperture N.A. of a direction right-angled to the longitudinal direction of the sensor of lens 104' of an illumination system is the formula shown below (several 5), and is good to carry out to about 0.5. Of course, this may be for gathering the effectiveness of lighting, and when this need does not exist, it may be still smaller N.A.

$d=1.22$  and  $\lambda/N.A.$  (several 5)

Here,  $d$  is the half-value width of a beam and  $\lambda$  is the wavelength of lighting. Moreover, by the lighting shown in drawing 22, when using TDI for sensors 205 and 206, it is necessary to use TDI with a special configuration as shown in drawing 23. That is, the integral direction serves as a special TDI sensor which has pixel composition which inclined  $\phi$ 1.

[0047] Next, defective inspection of the foreign matter which exists on insulator layers, such as an oxide film without a pattern, as an inspected object which conducts defective inspection of a foreign matter etc. is explained. The situation of dispersion of the light in transparent membranes, such as an oxide film, is shown in drawing 24. For example, when the particle [ that it is small enough (several / of lighting wavelength /  $1/\lambda$ ) ] (foreign matter) 34 is shown in the front face of the oxide film 32 on a substrate 33, the wave front of the light from here injects in the shape of the spherical surface. That is, it injects to a detector side at the same time it injects to an oxide-film side. Here, the injected wave front is reflected by the interface of an oxide film 32 and a substrate 33. By interference, strength arises [ this reflected light and the light injected to the detector side ] in the injection direction. A detection output will change by this result 36, 37, and 38, for example, directions. These intensity distribution change, according to the thickness of an oxide film, and a refractive index, when it detects from the same direction as a result, detection luminous intensity will change, and sensibility will change. However, when it thinks with this model, the output of detection light does not change according to the direction of lighting. Moreover, it is checking that the output of detection light does not change even if it changes the incident angle of the illumination light by experiment. However, interference of light can be lost if white lighting is carried out. For this reason, in the gestalt of the above 1st and the 2nd implementation, the installed white illumination-light study system 500 is for detecting the foreign matter of the shape of insulator layer 32, such as an oxide film. Therefore, what is necessary is to turn ON the source 106 of the white light, and just to turn off a laser light source 101, when detecting the foreign matter on an insulator layer 32. Moreover, what is necessary is to turn ON a laser light source 101 and just to turn off the source 106 of the white light, when detecting the defect of the foreign matter on the usual circuit pattern etc. Moreover, what is necessary is just to use white lighting to the inspected object influenced of the wavelength of the illumination light.

[0048] In the case of white lighting, it will illuminate by the shape of a bigger spot than the visual field of a TDI sensor. Moreover, in using a laser light source as illumination light, in order to carry out the detection output on an oxide film 32 to stability, the objective lens 201 of the big numerical aperture which can detect the great portion of light injected from a wafer front face needs to detect. Moreover, when using the objective lens of small numerical aperture, two or more objective lenses may be used and you may integrate with the detection output by these. Or you may integrate with the detection result by these, using the wavelength of the illumination light two or more. Here, you may think that there is almost no absorption (attenuation) within the film of the scattered light from a foreign matter. Since the injection direction turns into an one direction when there is no foreign matter, the output of this direction is changed by interference. However, when there is a foreign matter and the injection direction spreads, it is for interference to arise in the form of the intensity distribution by this injection direction.

[0049] The configuration of the example in the case of detecting from two or more directions is shown in drawing 25. Image formation of the light injected in the directions 213, 214, and 215 is carried out with the detection lenses 210, 211, and 212, and detectors 213, 214, and 215 detect, respectively.



Analog-to-digital (A/D) conversion is carried out by 451,452,453, and the integral means 454 is integrated with this result, it is made binary by the suitable threshold, and brings a detection result. The number of these detection systems 210, 211, and 212 does not necessarily need to be three, and that of them may be two. Moreover, a detection system here contains the detection system 200 shown in drawing 3, also when using, plurality (for example,  $\beta_1=0$  degree,  $\beta_1=45$  degree) and. Change of the detecting signal at the time of changing the thickness of an oxide film is shown in drawing 26. (a) shows the intensity distribution 48 in a certain wavelength, and (b) shows repeatedly the change 48, 49, and 50 on the strength on three different wavelength. It turns out that a change on the strength as shown in drawing 26 (a) can decrease greatly by this drawing 26 (b) by integrating with that detection result using two or more wavelength. In this case, what is necessary is just to illuminate the lighting of different wavelength from an incident angle or the direction which changed  $\phi_1$ , since, as for detection signal strength, it turns out that it is not dependent on the incident angle of the illumination light. That is, it becomes possible by making the wavelength of the beam of the shape of a slit from the direction of 10, 11, and 12 differ mutually to detect the signal which shows the foreign matter on insulator layers, such as an oxide film, according to the same detection optical system 200. Thus, since it does not interfere mutually by making the wavelength of the beam of the shape of a slit from each differ, it becomes possible to detect by the same detection optical system 200, and the cost rise by preparing two or more detection optical system can be avoided. Moreover, the detection optical system 200 is at least two wavelength, and since it can amend chromatic aberration (and focal distance) easily, as long as two wavelength is used, it does not have the difficulty on implementation.

[0050] Next, the gestalt of operation of the 4th of defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is explained. By the way, it is required that a semiconductor device should also raise the yield further while microscopic \*\*-ization progresses increasingly. Therefore, it is the relation by which the circuit pattern 0.3-0.2 micrometers or less formed into microscopic \*\* is formed in semi-conductor substrates, such as a semi-conductor wafer for manufacturing such a semiconductor device, and even if what has the defect of the foreign matter which exists on a semi-conductor substrate close to the very minute molecule or the atomic level of about 0.1 micrometers or less exists, it is in the situation which causes a malfunction as a semiconductor device. Since it is in such a situation, in defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, it has been required that it is high sensitivity and the defect of the foreign matter of the microscopic smallness which exists on semi-conductor substrates, such as a semi-conductor wafer with which the circuit pattern about 0.3-0.2 micrometers or less formed into microscopic \*\* exists, etc. can be inspected at high speed.

[0051] It is drawing having shown the outline configuration of the 4th of the gestalt of operation of defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, in drawing 35. Drawing 36 is drawing having shown one example of the illumination-light study system. Namely, the stage 301,302,303 in which the inspected object 1 which inspects the defect of the foreign matter with which the circuit pattern with which defective test equipment, such as a foreign matter, was formed into microscopic \*\* like the above-mentioned semi-conductor wafer (semi-conductor substrate) was formed is laid, The source 101 of the illumination light which consists of laser light sources, such as semiconductor laser, argon laser, YAG-SHG laser, and excimer laser, etc., The light of high brightness by which outgoing radiation was carried out from this source 101 of the illumination light (source of laser) from across The illumination-light study systems 102-105 illuminated on the substrate 1 for inspected by the Gaussian beam flux of light (lighting field 3) 107 of the shape of a slit which has Gaussian distribution mostly as an illuminance as shown in drawing 37, It consists of the detection lens (objective lens) 201, a spatial filter 202, an image formation lens 203, ND filter 207, and beam splitter 204 grade. The detection optical system which passes and carries out image formation based on the reflection diffraction light (or scattered light) from the detection field 4, It consists of TDI image sensors, CCD series, etc., and is constituted by the detectors 205 and 206 which have a light-receiving side corresponding to the detection field 4, and the data-processing section 400 which detects the defect of a foreign matter etc. based on the picture signal detected from these detectors 205 and 206. In addition, this defective test equipment is equipped with the automatic-focusing control system so that



the light-receiving side of detectors 205 and 206 may be made to carry out image formation of the front face of the inspected object 1.

[0052] The concrete configuration of the source 101 of the illumination light, and the illumination-light study systems 102-105 The concave lens or convex lens 102 by which outgoing radiation was carried out from the source 101 of the illumination light as shown in drawing 36 and to which the beam diameter of a laser beam 1006 is made to expand for example, The collimate lens 103 which changes into the almost parallel flux of light the beam expanded with concave or a convex lens 102, As it converges in the direction of the y-axis about the almost parallel flux of light changed with this collimate lens 103 and is shown on the inspected object 1 at drawing 37 It consists of lighting lenses (optical system which has a focusing function in the direction of the y-axis) 104 with the cone curved surface irradiated by the Gaussian beam flux of light (lighting field 3) 1007 of the shape of a slit which has Gaussian distribution mostly as an illuminance. In addition, the beam expander to which a beam diameter is expanded with a concave lens or a convex lens 102, and a collimate lens 103 is constituted. The beam expander which consists of a collimator lens, a concave lens, and a receiver lens as these illumination-light study systems 102-104, As it converges in the direction of the y-axis about the almost parallel flux of light changed by this beam expander and is shown on the inspected object 1 at drawing 36 The cone lens 104 irradiated by the Gaussian beam flux of light (lighting field 2) 1007 of the shape of a slit which has Gaussian distribution mostly as an illuminance (optical system which has a focusing function in the direction of the y-axis), It can constitute from a mirror in which the slit-like Gaussian beam flux of light 1007 acquired with this cone lens 104 is reflected and which is irradiated from across to the inspected object 1.

[0053] By the way, by carrying out adjustable [ of the distance b between concave or a convex lens 102, and a collimate lens 103, or the distance between a concave lens and a receiver lens ], and setting it up by this configuration, adjustable [ of the lighting width of face of x directions which had Gaussian distribution mostly as an illuminance ] can be carried out, and it can be set up. That is, by adjusting a beam expander, adjustable [ of the x lay length  $L_x$  of the lighting field (slit-like flux of light 1007) 3 which had Gaussian distribution mostly as an illuminance ] can be carried out, and it can be set up. Moreover, adjustable [ of the width of face  $L_y$  of the direction of y of the lighting field (slit-like Gaussian beam flux of light 1007) 3 which converged by changing the distance between the cone lens 104 and the inspected object 1 ] can be carried out, and it can be set up. The detection field 4 shown in drawing 37 shows the detection field by TDI image sensors and the CCD series on the inspected object 1. For example, in the case of TDI image sensors, each pixel size consists of  $64 \times 4096$  CCD image pick-up sensors of for example, 4096 trains in the MUX direction which operates in 64 lines and TDI mode in the time delay integral (TDI) direction by  $27\text{micrometer} \times 27\text{micrometer}$ . That is, as the TDI image sensors 205a and 206a are shown in drawing 38, n (for example, 64) stage formation of the line sensor is carried out. Although the Rhine rate which is the amount of information outputted from a sensor is equivalent to a line sensor By transmitting the accumulated charge for every Rhine rate  $r_t$  as one by one as Rhine 1 and 2 and ..., and synchronizing with the Rhine rate the feed rate of the y stage 302 which moves the inspected object 1 in the direction of the y-axis For example, the light figure 6 based on the scattered light or the diffracted light from the minute foreign matter 5 will be accumulated over long duration until it reaches Rhine n, and becomes possible [ detecting by high sensitivity also to the defect of a very minute foreign matter etc. ]. Although total of the scattered light until the image of the defect of a minute foreign matter etc. arrives at Rhine n from Rhine 1 fundamentally, or diffracted-light reinforcement will be detected in these image sensors, the scattered light or the diffracted light from the same point of the substrate for inspected which arrives at Rhine of each becomes incoherent time completely.

[0054] As explained above, it irradiates from across so that the beam by which outgoing radiation was carried out may be changed into the slit-like Gaussian beam flux of light 1007 by the illumination-light study systems (exposure optical system) 102-104 and the lighting field 3 may be formed in the front face of the substrate 1 for inspected on a stage 301-303 by the flux of light 1007 of the changed shape of this slit from the source 101 of the illumination light. The detectors 205a and 206a which consisted of TDI

image sensors etc. By carrying out the sequential transfer of the charge accumulated in each pixel at the Rhine rate  $r_t$  which synchronized with this feed rate, moving the substrate 1 for inspected in the direction of the y-axis by moving the y stage 302 in the direction of the y-axis Picturizing the light figure of the detection field 4 on the substrate 1 for inspected by which image formation is carried out by the detection optical system 201-204, scan by the width of face H of the detection field 4, and it detects to each pixel (component) of every. By processing this signal detected in the data-processing section 400, it is high sensitivity and the defect of the minute foreign matter which exists in the above-mentioned detection field 4 can be inspected at a high speed. Thus, by using the TDI image sensors 205a and 206a, total (quantity of light = illuminance x time amount) of the illuminance of the scattered light produced from the defect of a minute foreign matter etc. or the diffracted light can be taken, and sensibility can be raised. Moreover, the slit-like beam flux of light 1007 is irradiated to the exposure field 3 at once, and the defect of the minute foreign matter which exists in the detection field 4 which has the large width of face H can be inspected at a high speed by receiving light about the detection field 4 with TDI image sensors, making it synchronize with the Rhine rate  $r_t$  of the TDI image sensors 205a and 206a, and moving the substrate 1 for inspected in the direction of the y-axis.

[0055] Furthermore, the gestalt of the 4th operation concerning this invention for being high sensitivity and inspecting the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. at a high speed is explained. That is, if it is going to detect the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. by high sensitivity, while strengthening the scattered light or diffracted-light reinforcement from the defect of a very minute foreign matter etc. which receives light in each pixel of TDI image-sensors 302a, it is necessary to make each pixel size on the substrate 1 for inspected or less into about 1micrometerx1micrometer. Thus, in order to make each pixel size on the substrate 1 for inspected or less into about 1micrometerx1micrometer, when each pixel size of TDI image sensors is 27micrometerx27micrometer, what is necessary is just to make the image formation scale factor M of the detection optical system 201-204, such as an objective lens, into about 27 or more times, and realizing becomes possible. In addition, if it is used with what was constituted from a 26x4096CCD image pick-up sensor as TDI image sensors 205a and 206a, the detection field 4 will be set to about  $W=26$  micrometers or less and about  $H=4096$  micrometers or less. Moreover, the detection optical system 201-204 to which the light-receiving side of the TDI image sensors 205a and 206a is made to carry out image formation of the light figure by the scattered light or the diffracted light obtained from the front face of the substrate 1 for inspected By the relation which consists of objective lenses etc. It is MTF (Modulation Transfer Function) (change of the contrast of the image of a sinusoidal pattern as a function of spatial frequency) as it goes on the outskirts compared with the core (optical axis 2001) of a lens based on lens distortion. It has the property that what was expressed falls. therefore, the pole located in the edge (circumference) to which it separates from the optical axis 2001 of the detection field 4 shown, pixel 205ae and 206ae, i.e., drawing 37, of the edge (circumference) to which it separates from the optical axis 2001 in the light-receiving side of the TDI image sensors 205a and 206a shown in drawing 38 (a) most, and MTF falls most, most, and MTF falls most -- it is necessary to strengthen the scattered light or the diffracted-light reinforcement from the defect of a minute foreign matter etc.

[0056] By the way, as shown in drawing 37, the illuminance of the Gaussian beam flux of light 1007 of the shape of a slit irradiated by the front face of the substrate 1 for inspected in the exposure field 3 by the source 101 of the illumination light and the illumination-light study systems 102-104 is the relation it is usually related of Gaussian distribution, and although it becomes useless [ the lighting outside the detection field 4 ], it needs to extend and illuminate the lighting field 3 rather than the detection field 4.

[0057] then, the illuminance located in the edge (circumference) to which this invention utilizes effectively the quantity of light by which outgoing radiation is carried out from the source 101 of the illumination light, without increasing the illuminance by which outgoing radiation is carried out from the source 101 of the illumination light, it separates from the optical axis 2001 of the detection field 4 most, and MTF falls most from such a condition is increased most -- making -- a pole about 0.1 micrometers or less -- it is in detecting the defect of a minute foreign matter etc. by high sensitivity. That is, the illuminance located in the edge (circumference) to which it separates from the optical axis 2001

of the detection field 4 most, and MTF falls most by the illumination-light study systems 102-104 is most increased using the cheap source 101 of the illumination light (it consists of the filament light sources, such as the discharge tubes, such as laser light sources, such as semiconductor laser, argon laser, YAG-SHG laser, and excimer laser, a xenon lamp, and a mercury lamp, and a halogen lamp, etc.) which carries out outgoing radiation of the necessary minimum illuminance, and it is in realizing high lighting of effectiveness.

[0058] That is, in case this invention irradiates the exposure field 3 of the substrate 1 for inspected by the beam flux of light 1007 of the shape of a slit which has the illuminance of Gaussian distribution by the source 101 of the illumination light, and the illumination-light study systems 102-104, it adjusts the illumination-light study systems 102-104 (control), and, specifically, determines the width of face of lighting so that the illuminance in the periphery of the detection field 4 may become max. Here, since it becomes the formula shown below (several 6) as shown in drawing 37 when the illuminance of the slit-like beam flux of light 1007 is Gaussian distribution, it becomes the time of the formula shown below (several 7) that an illuminance becomes max by the outermost periphery of a lighting field.

[0059]

[Equation 6]

$$f(x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}x_0^2\right) \quad (\text{数 } 6)$$

[0060]

[Equation 7]

$$\frac{\partial f(x_0)}{\partial \sigma} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(1 - \frac{x_0}{\sigma}\right) \left(1 + \frac{x_0}{\sigma}\right) \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}x_0^2\right) \quad (\text{数 } 7)$$

[0061] In this case, the illuminance  $f(x_0)$  in the outermost periphery (edge) of the direction of a  $x$  axis of the detection field 4 where the light-receiving side of the TDI image sensors 205a and 206a corresponds serves as max by about 60.7% of core  $f(0)$ . Namely, in a formula (several 7), it becomes the maximum (0) of  $f(x_0) = 0.607f$  at the time of  $x_0 = \sigma$  (at  $\sigma = 1$ , it is  $x_0 = 1$ ). In addition, in the above-mentioned (several 6) formula, it becomes  $f(x_0) = 0.49f(0) - 0.73f(0)$  at the time of  $x_0 = 0.8\sigma - 1.2\sigma$  (at  $\sigma = 1$ , it is  $x_0 = 0.8 - 1.2$  (about \*\*20% of plastic surgery error by the illumination-light study systems 102-104 is permitted about the Gaussian beam flux of light 1007.)). Moreover, in the above-mentioned (several 6) formula, it becomes  $f(x_0) = 0.46f(0) - 0.71f(0)$  at the time of  $0.8x_0 - 1.2x_0 = \sigma$  (at  $\sigma = 0.8 - 1.2$  (about \*\*20% of plastic surgery error by the illumination-light study systems 102-104 is permitted about the Gaussian beam flux of light 1007.)), it is  $x_0 = 1$ ). Therefore,  $x_0 = \sigma$  of the Gaussian beam flux of light 1007 by the illumination-light study systems 102-104 (by  $\sigma = 1$ ) If approved about \*\*20% as a plastic surgery error set to  $x_0 = 1$ , in the detection field 4, the ratio of the illuminance  $f(x_0)$  of the periphery (periphery section) to illuminance [ of a core (optical axis 2001) ]  $f(0)$  will be set to  $0.46 - 0.73$  ( $f(x_0) = 0.46f(0) - 0.73f(0)$ ). In addition,  $x_0 = \sigma$  of the Gaussian beam flux of light 1007 by the illumination-light study systems 102-104 (by  $\sigma = 1$ ) If approved about \*\*10% as a plastic surgery error set to  $x_0 = 1$ , in the detection field 4, the ratio of the illuminance  $f(x_0)$  of the periphery (periphery section) to illuminance [ of a core (optical axis 2001) ]  $f(0)$  will be set to  $0.54 - 0.67$  ( $f(x_0) = 0.54f(0) - 0.67f(0)$ ).

[0062] In the detection field 4, anyway, the ratio of the illuminance  $f(x_0)$  of the periphery (periphery section) to illuminance [ of a core (optical axis 2001) ]  $f(0)$  By operating the Gaussian beam flux of light 1007 orthopedically by the illumination-light study systems 102-104 so that it may be set to  $0.46 - 0.73$ , it becomes possible to utilize effectively the beam by which outgoing radiation is carried out from the source 101 of the illumination light, and to bring the illuminance in the periphery of the detection field 4 close to max. Change of the illuminance (quantity of light per unit area) ( $x_0 = 1$ )  $f$  in the periphery section ( $x_0 = 1$ ) of the direction of a  $x$  axis of the detection field 4 when changing the width of face  $\sigma$  of the lighting of the direction of a  $x$  axis, i.e., standard deviation, was shown in the graph shown in drawing 39, without changing the quantity of light which is the total of an illuminance by which

outgoing radiation is carried out from the source 101 of the illumination light.

[0063] Moreover, change of the illuminance (quantity of light per unit area) ( $x_0$ ) f in the coordinate  $x_0$  of the direction of a x axis of the detection field 4 when changing the width of face sigma of lighting, i.e., standard deviation, with  $\sigma=0.5$ ,  $\sigma=1$ , and  $\sigma=2$  was shown in the graph shown in drawing 40, without changing the quantity of light which is the total of an illuminance by which outgoing radiation is carried out from the source 101 of the illumination light. In order to make mostly the illuminance in the periphery section ( $x_0=1$ ) of the direction of a x axis of the detection field 4 into max so that clearly also from these drawing 39 and drawing 40, what is necessary will be just to illuminate the width of face of the lighting of the direction of a x axis based on the Gaussian distribution by the illumination-light study systems 102-104 so that it may be mostly set to  $\sigma=1$  (standard deviation  $\sigma=x_0$ ). Namely, as shown in drawing 37, when the length from the core which is the optical axis of the detection field 4 to the periphery section of the direction of a x axis is set to  $x_0$ , It operates orthopedically to the beam flux of light 1007 of the shape of a slit which has the illuminance of the Gaussian distribution which serves as standard deviation  $\sigma=x_0$  (the length from the core which is the optical axis of the detection field 4 to the periphery section of the direction of a x axis) mostly by the illumination-light study systems 102-104, and is the lighting field 3 (it  $L_x(es)$ ) to the substrate 1 for inspected. as for  $L_y$ , an illuminance f shows 0.2 or more fields of  $f(0)$ . \*\*\*\*\* -- what is necessary will be just to illuminate In addition, the pixel to which it separates from an optical axis 2001 most, and MTF falls most as a detector 205,206 in practice when using TDI image sensors and two-dimensional linear image sensors The corner of the detection field 4 (pixel 205ac located in the corner which is shown in drawing 38 in the case of TDI image sensors, and 206ac correspond.) Since it becomes what is located, to make it root  $(H/2) (2+(W/2)^2)$  is desired as the above  $x_0$ . If W can be disregarded, it will become  $x_0=(H/2)$ . H and W show the width of face (the length) of the direction of a x axis of the detection field 4 on the substrate for inspected, and the width of face of the direction of the y-axis. The width of face of  $(H \times M)$  and the direction of the y-axis will be shown for the width of face of the direction of a x axis in the light-receiving field (image pick-up field) in TDI image sensors or two-dimensional linear image sensors by  $(W \times M)$ . In addition, M shows the image formation scale factor by the image formation optical system 201-204.

[0064] As explained above, it is the periphery section (when using TDI image sensors and two-dimensional linear image sensors) of the direction of a x axis of the detection field 4. when the pixel which is most separated from an optical axis 2001 is set to  $x_0 (= \text{root } (H/2) (2+(W/2)^2) \text{ -- or } (H/2))$  It operates orthopedically to the beam flux of light 1007 of the shape of a slit which has the illuminance of the Gaussian distribution which serves as  $\sigma=x_0$  mostly by the illumination-light study systems 102-104, and is the lighting field 3 (as for  $L_x$  and  $L_y$ , an illuminance f shows 0.2 or more fields of  $f(0)$ .) to the substrate 1 for inspected. \*\*\*\*\*, without using the special big source of the illumination light of power by illuminating The cheap usual source of the illumination light (it consists of the filament light sources, such as the discharge tubes, such as laser light sources, such as semiconductor laser, argon laser, YAG-SHG laser, and excimer laser, a xenon lamp, and a mercury lamp, and a halogen lamp, etc.) The scattered light or diffracted-light reinforcement from the defect of a minute foreign matter etc. which receives light by the pixel in the periphery of detectors 205 and 206 to which efficient lighting can be realized, consequently MTF falls most according to the detection optical system 201-204 can be strengthened using 101. Not only an about 0.1-0.5-micrometer minute foreign matter but also the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. is high sensitivity, and it can detect at high speed (with high throughput). In addition, even if the detection fields 4 differ especially like [ between a center section and the periphery of the direction of a x axis ] the relation of  $(f(x_0) = 0.46f(0) - 0.73f(0))$  in an illuminance Since the picture signal comrade obtained from the same pixel train of the direction of a x axis in the detection field which is made to move the inspected object 1 in the direction of the y-axis, and is detected from the detectors 205,206, such as TDI image sensors, in the image-processing section 400 will be compared There will almost be no effect of a difference of the illuminance between a center section and a periphery. And in the image-processing section 400, the defect of a foreign matter etc. can be detected and inspected by extracting a comrade's difference picture

signal every chip repeated by the same circuit pattern as origin in the picture signal which is made to move the inspected object 1 in the direction of the y-axis, and is detected from the detectors 205,206, such as TDI image sensors, and the whole cel, and judging this extracted difference picture signal by the desired criterion.

[0065] Although an important thing is making mostly the illuminance (quantity of light) in the periphery of the detection field 4 into max here and the means for it is changing the width of face of lighting by the illumination-light study systems 102-104 in the gestalt of the above-mentioned implementation You may be means, such as changing the magnitude in the location of the Fourier transform which changes the configuration of the secondary light source of lighting, other means 102-104, for example, illumination-light study systems, or forms the secondary light source. Moreover, in order to use a DUV (far ultraviolet rays: Deep Ultra-violet) laser light source as a source 101 of the illumination light, it is necessary to use what has sensibility to DUV as image sensors 205,206. However, if the surface exposure mold TDI image sensors shown in drawing 41 (a) are used as image sensors 205 and 206, incident light will penetrate cover glass 805, and since it goes into CCD which passed the oxide film (SiO<sub>2</sub>) 803 at the gate 801 between metal membranes 802, and was formed in the Si substrate 804, the incident light of short wavelength declines, there is almost no sensibility to the wavelength of 400nm or less, and if it remains as it is, detection of DUV light cannot be performed. So, in order to obtain the sensibility of DUV with surface exposure mold image sensors, there is the approach of making thin the oxide film 803 in the gate 801, and lessening attenuation of short wavelength. When organic thin layer coating is given to cover glass 805 and incidence of the DUV light is carried out as other approaches, it is making the light emit light according to it, and there is an approach the image sensors which have sensibility only in the light detect DUV light.

[0066] On the other hand, as image sensors 205 and 206, as shown in drawing 41 (b) By carrying out incidence of the light from a background without gate structure using the rear-face exposure mold TDI image sensors constituted so that thickness of the Si substrate 804 might be made thin and incidence of the light might be carried out from this background made thin DVD quantum efficiency is made about 10% or more, quantum efficiency is high, a large dynamic range can be taken, and it can have sensibility also in wavelength of 400nm or less. Moreover, sensibility can be enlarged by setting image sensors 205 and 206 to TDI (Time Delay Integration) like the above. As explained above, according to the gestalt of said 4th operation Although MTF falls as it separates from the optical axis 2001 in the detection optical system 201-204 A cheap laser light source etc. is used by increasing the illuminance in the periphery of the detection field 4 which is fitted and is detected with the detectors 205 and 206, such as TDI image sensors, and aiming at improvement in effectiveness of lighting. Not only the about 0.1-0.5-micrometer minute foreign matter on substrates for inspected, such as an LSI wafer, but also a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less is high sensitivity, and it can detect by the high throughput. moreover, the light figure based on UVD (far-ultraviolet) laser beams, such as excimer laser light which is obtained from the substrate for inspected according to the gestalt of said 4th operation, -- TDI image sensors -- light can be received -- making -- an about 0.1-0.5-micrometer minute foreign matter -- from the first -- a pole about 0.1 micrometers or less -- a minute foreign matter can also be inspected.

[0067] Next, the example of the image-processing section 400 common to the gestalt of the above 1st concerning this invention - the 4th implementation is explained. Dispersion will ride on the detecting signal which the process which does not become a defect makes a mistake in being delicate, and is obtained from detectors 205 and 206 by the noise at the time of detection etc. in devices, such as LSI which is the actual substrate 1 for inspected. That is, the pixel to which it corresponds between a chip 71 and 72 so that it may be shown, for example, the signal level of 73 and 74, does not become the same at drawing 27 (a), but dispersion arises. Dispersion in a detecting signal will change with the locations (in for example, the case of Memory LSI a memory cell field, a circumference circuit field, other fields, etc.) 75 and 76 and 77 grades from which the structure of a pattern as shown in drawing 27 (b) is specifically different. As a result, in the small part of dispersion, only the big defect which produces a big signal change is detectable with the part of big dispersion to the small defect which produces a smaller signal change being detectable. Then, by computing dispersion (standard deviation) between the

chips which correspond for every pixel in a chip, and using the value for a setup of a threshold, the small field of dispersion be a small threshold and the place by which it be characterize [ of the image processing section 400 concerning this invention ] have a big field in a point as judge the defect of a foreign matter etc. and be inspect with a big threshold. It becomes possible to be able to make small the threshold in the small location (in for example, the case of Memory LSI memory cell field) of dispersion by this, without being influenced to the big field of dispersion, consequently to also detect a detailed foreign matter 0.1 micrometers or less.

[0068] The 1st example of the image-processing section 400 is shown in drawing 28. The 1st example of the image-processing section 400 It synchronizes with migration of the direction of the y-axis of the substrate 1 for inspected from the image sensors 205 and 206 which consist of TDI image sensors etc. The picture signal shown with the gray level accumulated for every train pixel acquired The timing of the A/D-conversion section 401 and the sampling which carry out an AD translation The start stop command circuit 416 to take, data memory 404, the maximum minimum removal circuit 405 which removes the signal of the greatest and minimum level, the square calculation circuit 406 which computes the square of signal level  $s$ , the calculation circuit 407 which computes signal level  $s$ , the number count circuit 408, and the square of  $s$  It finds the integral. the square sum calculation circuit 409 with which it integrates, and the sum calculation circuit 410 which integrates with  $s$  -- The detecting signal stored temporarily at the counting circuit 411 which asks for  $n$ , the forward side threshold (upper limit criterion) calculation circuit 412, the negative side threshold (minimum criterion) calculation circuit 413, and data memory 404 is compared with the forward side threshold computed and set up in the forward side threshold calculation circuit 412. The comparator circuit 414 which outputs the signal which shows the defect of a foreign matter etc., and the detecting signal stored temporarily at data memory 404 are compared with the negative side threshold computed and set up in the negative side threshold calculation circuit 413. The position coordinate in the system of coordinates set up to the substrate 1 for inspected to the signal which shows the defect of the foreign matter outputted from the comparator circuit 415 which outputs the signal which shows the defect of a foreign matter etc., and the above-mentioned comparator circuits 414 and 415 is added. Furthermore, it consists of output means 417 to also attach the information about the substrate 1 for inspected, and to output a detection result. In addition, the above-mentioned maximum minimum removal circuit 405 is not necessarily needed. Since all the image data (the image data which shows a foreign matter is also included.) detected in calculation of the level of a threshold will be used when not using the above-mentioned maximum minimum removal circuit 405, the level of a threshold is detectable to exact and stability. It becomes impossible on the other hand, to inspect the foreign matter of the field which created this threshold with this created threshold. Then, it is necessary to create the threshold of a field to inspect in the field in which another chip train in the substrate 1 for inspected corresponds. Consequently, it will be necessary to make threshold creation and inspection of a foreign matter into another Rhine, and more throughputs will start somewhat. It is [ case / where there are especially few chips ] good to create a threshold using the image data covering two or more Rhine. In this case, a data incorporation location is specified with the start stop command means 416.

[0069] Moreover, the output means 417 is equipped with CPU which controls the whole defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention. And 406-411 are for searching for the dispersion sigma of the background signal for every predetermined field in a chip. And the thresholds  $Th$  (H) and  $Th$  of a negative side (L) will be set up a forward [ for the forward side threshold calculation circuit 412 and the negative side threshold calculation circuit 413 to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the dispersion sigma of the background signal for every predetermined field in the called-for chip ] side. Even these [ 406-413 ] serve as the threshold setting circuit 424. On the other hand, data memory 404 is for storing the detection digital picture signal temporarily until a threshold is set up by the threshold setting circuit 424. Moreover, the position coordinate in the system of coordinates set up to the substrate 1 for inspected makes a zero the reference mark prepared in the substrate 1 for inspected, and is searched for based on the variation rate of a stage and read-out signals (scan signal), such as a TDI sensor, which were measured by the length measuring

machine (not shown). Moreover, 421 is an output means for displaying and outputting the forward side threshold  $Th(H)$  which shows dispersion (standard deviation  $\sigma$ ) to for example, a display means. A threshold becomes possible [ judging whether it is suitable for every field in a chip ], looking at defective extract outputs, such as a foreign matter extracted from comparator circuits 414 and 415 by establishing this display means 421.

[0070] Here, the detection result output means 417 also includes the network connected to the managerial system which has managed the thing, other test equipment, the check system or the manufacture process unit recorded on what displayed on the display of CRT etc., the thing to print as hard copy, a hard disk, a floppy disk, a magneto-optic-recording medium, an optical recording medium, LSI memory, an LSI memory card, etc., and the production line. And the output means 417 is equipped with CPU which controls the whole defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention. Here, A/D converter 401 changes the signal outputted from the detectors 205 and 206, such as a TDI sensor, into the pixel signal expressed with a digital signal. And A/D converter 401 may be in the same substrate in the detection signal-processing system 400, or may be near the detectors 205 and 206, such as a TDI sensor within the detection optical system 200. While it is effective in the noise at the time of electrical transmission decreasing since it is digitized when setting near the detectors 205 and 206, there is also a demerit that the number of signal electrical transmission cables increases.

[0071] Here, the contents of signal processing performed in the threshold setting circuit 424 are explained using drawing 27. The chip 71 on a wafer 1 and the example of an array of 72 grades are shown in drawing 27 (a). In many LSI manufactures, these chips repeat and manufacture the same thing. The chip of plurality (2 to 4 grade) may sometimes be manufactured to coincidence by one exposure. Therefore, the same pattern is manufactured in the same location during these chips. Therefore, originally the detecting signal of the correspondence location of these chips is the same. The signal of the pixel (i, j) in this chip (f, g) is set to  $s(i, j, f, g)$ . As mentioned above, in the correspondence pixel, signal level must be in agreement.

[0072] However, dispersion will arise in the detecting signal  $s$  of the pixel to which the process which does not become a defect makes a mistake in being delicate in fact, and it corresponds during a chip by the noise at the time of detection etc. And dispersion will differ in the location where the structure of a pattern is different in a chip. Then, it is based on the formula shown below (several 8), and is the detecting signal  $s$  between the correspondence locations of a chip (i, j, f, g) (thresholds  $Th(H)$  and  $Th(L)$ ) will be set up in quest of dispersion (standard deviation  $\sigma(s, f, g)$ ).

$Th(H) = \mu(s, f, g) + m1 \text{ and } \sigma(s(i, j, f, g), f, g)$   $Th(L) = \mu(s, f, g) - m1 \text{ and } \sigma(s(i, j, f, g), f, g)$  (several 8)

Here, it is the threshold which the threshold and  $Th(L)$  to which  $Th(H)$  is computed in the threshold calculation circuit 412 by the side of forward, and is set are computed in the threshold calculation circuit 413 of a negative side, and is set up.  $\mu(s, f, g)$  is the average when changing the value of  $f$  of the signal  $s$  computed based on the formula shown below (several 9), and  $g$ .

[0073]

$\mu(s, f, g) = \sigma_{\text{avg}}(s, f, g)$  (several 9)

$\sigma_{\text{avg}}(i, j, f, g)$  is computed by the calculation circuit 407 which computes signal level  $s$ , and the integrating circuit 410 which integrates with  $s$ , and  $n$  is computed by the number count circuit 408 and the counting circuit 411.  $\sigma(s, f, g)$  shows the standard deviation when changing the value of  $f$  of the signal  $s$  computed based on the formula shown below (several 10), and  $g$ .  $m1$  is a scale factor (multiplier).

$\sigma(s, f, g) = \sqrt{\sigma_{\text{avg}}^2 - n \cdot \sigma_{\text{avg}}^2 / n}$  (several 10)

$\sigma_{\text{avg}}^2(i, j, f, g)$  is computed by the circuit 406 which computes the square of signal level  $s$ , and the circuit 409 which integrates with the square of  $s$ . Thus, a threshold is lengthened at the place which carried out standard deviation  $\sigma(s, f, g)$  several times. It is usually thought that a scale factor  $m1$  is [ about six ] good. This is because the probability of occurrence more than  $6\sigma$  becomes the  $10^{-11}$  grade of  $1 \times 10^{-11}$ . Since this probability has the number of images at the time of detecting the inside of a  $\phi 300\text{mm}$  wafer in the pixel size of  $2 \times 2$  microns by the 10th power of  $7 \times 10^8$ , the value (misreport)



exceeding this threshold is the wafer whole region statistically, and it is searched for from becoming less than 1 pixel. Of course, when this value does not necessarily have the need of making it 6 and the effectiveness of this invention is demonstrated, it cannot be overemphasized that you may be another value. Another scale factor may be chosen also from there being not necessarily no need that the number of the misreports permitted is also less than by one.

[0074] The 2nd example of the image-processing section 400 is shown in drawing 4. the point which is different from the 1st example is delayed in the picture signal of one chip by data memory 402 -- making -- difference -- it is in extracting difference  $\text{deltas} = \{s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)\}$  to the picture signal during a chip in the processing circuit 403. Therefore, in comparator circuits 414 and 415, the signal which is compared with the upper limit threshold  $\text{Th} (H)$  and the minimum threshold  $\text{Th} (L)$  which are shown by the formula shown below to this differential signal  $\text{deltas} = \{s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)\}$  (several 11), and shows the defect of a foreign matter etc. will be extracted. Therefore, in the threshold setting circuit of 406-413, the upper limit threshold  $\text{Th} (H)$  and the minimum threshold  $\text{Th} (L)$  will be set up based on the formula shown below (several 11).

[0075]

$\text{Th} (H) = +m1 \text{ and } \sigma (s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g), f, g)$

$\text{Th} (L) = -m1 \text{ and } \sigma (s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g), f, g)$

(Several 11)

In addition, the standard deviation  $\sigma$  of the difference image of a contiguity chip ( $\text{delta } s, f, g$ ) is computed in this case based on the formula shown below (several 12).  $\sigma \text{deltas}$  is computed by the calculation circuit 407 which computes signal level  $\text{deltas}$ , and the integrating circuit 410 which integrates with  $\text{deltas}$ , and  $n$  is computed by the number count circuit 408 and the counting circuit 411.  $\sigma \text{deltas}^2$  is computed by the square calculation circuit 406 which computes the square of signal level  $\text{deltas}$ , and the square integrating circuit 409 which integrates with the square of  $\text{deltas}$ .

$\sigma (s [ \text{delta} ], f, g) = \sqrt{(\sigma \text{deltas}^2 / n - \sigma \text{deltas} / n)}$  (several 12)

Thus, by using difference image  $\text{deltas}$  of a contiguity chip, even if it has distribution in the detection picture signal in the chip, standard deviation  $\sigma$  becomes small and the defective inspection of the foreign matter of high sensitivity etc. of it is attained more.

[0076] Moreover, for example, when process conditions differ gradually toward a perimeter within a wafer from a core, the signal level within a wafer side changes from a core gradually toward a perimeter. Consequently, in calculation of the threshold by the formula (several 8), dispersion (standard deviation  $\sigma (s, f, g)$ ) will be computed greatly. In such a case, dispersion in the signal difference only during a contiguity chip (standard deviation  $\sigma (\text{delta } s, f, g)$ ) is detectable with an actual still smaller threshold greatly [ a formula (several 8) ] in fact. then, a formula (several 11) and (several 12) a formula -- like -- difference -- it makes it possible to lengthen the threshold of lower level by computing based on value  $\text{deltas}$ . Moreover, you may compute as the improvement technique of this technique by the formula showing a threshold below (several 13).

$\text{Th} = m1 \text{ and } \sigma (|s(i, j, f, g) - s(i, j, f+1, g)|, f, g)$  (several 13) -- here,  $|\text{deltas}|$  means the absolute value of differential signal  $\text{deltas}$ . in this case, the difference shown in drawing 29 and drawing 30 -- the absolute value which takes absolute value  $|\text{deltas}|$  of the difference image of a contiguity chip for a processing circuit -- difference -- the processing circuit 403 -- ' -- \*\* -- it will carry out. Moreover, the absolute value  $\text{Th}$  of a threshold will be computed and the threshold calculation circuit 423 will be set up.

Moreover, in a comparator circuit 414, the absolute value and threshold  $\text{Th}$  of difference will be compared and the signal of the defect of a foreign matter etc. will be extracted.

[0077] In addition, the standard deviation  $\sigma$  of the difference image of a contiguity chip ( $|\text{deltas}|, f, g$ ) is computed in this case based on the formula shown below (several 14).  $\sigma |\text{delta } s|$  is computed by the calculation circuit 407 which computes signal level  $|\text{deltas}|$ , and the integrating circuit 410 which integrates with  $|\text{deltas}|$ .

$\sigma (|\text{deltas}|, f, g) = \sqrt{(\sigma \text{deltas}^2 / n - \sigma |\text{deltas}| / n)}$  (several 14)

By the way, the 4th example shown in drawing 30 adds the memory location controller 422 to the 3rd example shown in drawing 29. This memory location controller 422 specifies the coordinate on the



wafer to a detecting signal  $s$  or differential signal  $\delta$ s. That is, the pixel during the chip which asks for a standard deviation  $\sigma$  can be specified as arbitration based on the coordinate on a wafer. Moreover, since the coordinate on a wafer can be specified as arbitration, asking for standard deviation  $\sigma$  also becomes possible from the circumference comrade of the view pixel during a chip. In the 3rd example shown in drawing 29, the position coordinate on a wafer is computed from the count result of the number of signals. In this case, although it is good when the chip which asks for a standard deviation  $\sigma$  is located in a line with the horizontal single tier, it cannot ask for a standard deviation from the corresponding points of the chip of two trains.

[0078] Then, the memory location controller 422 stores the computed result on the storing place of a signal, i.e., the coordinate of a detecting signal, like the 3rd example by providing for the square sum calculation circuit 409 which has a memory function, the sum calculation circuit 410, and a counting circuit 411 by computing the position coordinate of the detecting signal  $s$  which has been flowing, or differential signal  $\delta$ s from signals, such as stage system of coordinates obtained from the stage controller 305. By this configuration, by the single tier, also when there are few chips, the measurement size of standard deviation calculation can be increased around a wafer, and the threshold calculation stabilized in the threshold calculation circuit 423 is attained.

[0079] it explained above -- as -- difference -- if it is made the absolute value of difference in the processing circuit 403, since it does not have a sign, it is effective in the ability to reduce capacity, such as memory 404. moreover, the standard deviation  $\sigma$  computed from the result of having computed the absolute value -- difference -- about [ which is an about 1.66 times bigger scale factor in order to be computed smaller than the calculation result from a value and to make the probability of occurrence into  $10^{-11}$  of  $1 \times 10$ , namely, in order to be on normal distribution and to make it  $6\sigma$  ] -- it is necessary to double ten  $\sigma$  -- difference -- you may think that it is computed smaller 0.6 times than the calculation from a value. Moreover, by this technique, in order that the threshold over signal level  $s$  may not remain, it becomes a process control and failure-analysis top problem. Then, it has the circuit which computes the level of the threshold of the location in a chip (i, j) as a threshold map as shown in drawing 29 and drawing 30. In this circuit, a threshold map is computed using average  $\sigma|\delta s|/n$  of the absolute value of standard deviation  $\sigma_{\max} 1$  (scale factor) which sets threshold calculation circuit 423 and is obtained based on a formula (several 14), and the differential signal computed in the averaging circuit 425 by asking for the sum ( $m \times \sigma$ ) ( $+\sigma|\delta s|/n$ ) of these values by the threshold calculation circuit 418 to the detection picture signal  $s$  or differential signal  $\delta$ s. According to the location data (i, j) computed from the location of a stage 301,302 and a sensor 205,206, it is stored in the threshold map storing means 419 with the memory corresponding to each pixel (i, j) of the chip whole region, and this result gives an indication etc. if needed for a user with the threshold map output means (display means etc.) 421, and is outputted. Moreover, in the display means 421, a defective output and threshold maps, such as a foreign matter extracted from a comparator circuit 414, can be displayed, and it can judge whether a threshold is suitable. Moreover, it becomes possible by providing the output means 417 with the information on a threshold map to output a defective output and threshold maps, such as a foreign matter extracted from a comparator circuit 414.

[0080] since this threshold level relates to the situation of a substrate, a substrate is a repeat pattern -- a field -- it corresponds with the information referred to as whether it is the severe area of that, whether it is the thin area of thickness, and whether to be the area where a pattern dimension is small. Therefore, it is important to analyze to the threshold of which level the detected foreign matter was detected. It is the form which follows, for example, is added to foreign matter signal level as detection foreign matter data, and it is meaningful to display and output the threshold of a location with the foreign matter to the display means 421. For that, the threshold map computed here is needed.

[0081] incidentally -- signal level  $s$  of a foreign matter -- not but (difference value + threshold), difference -- it is thought that value  $\delta$ s hits this.

[0082] Moreover, as substrate data of the location where the foreign matter was detected, you could ask from the design data beforehand not only in the level of the above-mentioned threshold for the information on the fields in a chip (a memory area, logical circuit area, current supply area, area without

wiring, etc.). For that, the area map in the chip computed from the design data may be created, and it may code like threshold data from the coordinate in this chip at the time of a foreign matter display, or you may output by giving an indication etc. as language. moreover, the above -- thing [ any ] substrate data may output by giving an indication etc. in the form of the foreign matter map for every substrate data, and the number of foreign matters for every substrate data. As mentioned above, the basic thought of this invention asks for the magnitude of dispersion in a signal, determines a threshold according to the magnitude of dispersion in this signal searched for, beforehand, may incorporate the data of a number chip and may compute a threshold for every pixel in a chip from that value in the threshold setting circuit 424. Under the present circumstances, this calculation may be a configuration in comparison with the signal level which computes beforehand at the same process of LSI of the same form, reads that result into the threshold memory in the threshold setting circuit 424 at the time of inspection, and enters one by one in comparator circuits 414 and 415. Moreover, the data for this threshold calculation may be computed once to every lot (13 sheets to 25 wafers), and may be computed for every wafer.

[0083] In addition, by this invention, since a threshold level changes in the state of a substrate as explained above, the threshold level will show the condition of a substrate. That is, CPU which is the output means 417 can know on what kind of substrate the defect of a foreign matter etc. adhered and existed, if the signal which shows the defect of a foreign matter etc. is classified according to the threshold level which can be obtained from the threshold map storing means 419. The classification of a field without a pattern, the field of the cel section, the circumference pattern section, etc. will change into the condition of this substrate. Moreover, if the field data in a chip as shown in drawing 1 or drawing 2 obtained from a CAD system etc. based on the CAD information inputted using the input means 426 which consisted of a network, a storage, etc. be used to CPU which be the output means 417, the condition of a substrate that the defect of a foreign matter etc. existed can be known still more directly. Here, the technique of guessing the condition of a substrate from the signal level (threshold level) of the above-mentioned substrate is effective in not setting up the field in a chip in advance, without using field data. In this case, once, CPU417 can be calculated from the threshold map in which the threshold level of the chip whole region was stored by the threshold map storing means 419, and can classify the level of a substrate as fields (for example, cel section etc.) from the size of that threshold level. Here, the field judging from this threshold level is possible, when the difference  $\Delta s$  during a contiguity chip is used, or when it computes from the signal level itself. Thus, only the foreign matter or defect on the cel section can be detected, and CPU417 can output and manage it, after getting to know a substrate condition.

[0084] Next, the 5th example of the data-processing circuit 400 is explained using drawing 31. namely, the 5th example -- the difference of the data (detecting signal  $s$ ) of a contiguity chip -- after computing value  $\Delta s$ , dispersion in the data around an object pixel (standard deviation  $\sigma$  ( $\Delta s$ ,  $f$ ,  $g$ )) is searched for. This 5th example is constituted by the delay memory 425 and 426 and the window logging circuit 427, and is constituted using the so-called pipeline processing system. the value ( $\Delta s$  ( $i+1$ ,  $j+1$ , and  $f$  --)) of the circumference pixel excluding the value ( $\Delta s$  ( $i$ ,  $j$ ,  $f$ ,  $g$ )) of the center of a window by 406-413  $g$ ),  $\Delta s$  ( $i+1$ ,  $j$ ,  $f$ ,  $g$ ),  $\Delta s$  ( $i+1$ ,  $j-1$ ,  $f$ ,  $g$ ),  $\Delta s$  ( $i$ ,  $j-1$ ,  $f$ ,  $g$ ),  $\Delta s$  ( $i-1$ ,  $j-1$ ,  $f$ ,  $g$ ), and  $\Delta s$  ( $i-1$  and  $j$  --) Based on the formula shown below by  $f$ ,  $g$ ,  $\Delta s$  ( $i-1$ ,  $j+1$ ,  $f$ ,  $g$ ), and  $\Delta s$  ( $i$ ,  $j+1$ ,  $f$ ,  $g$ ) (several 15), dispersion  $\sigma$  ( $\Delta s$ ,  $f$ ,  $g$ ) is computed, and thresholds  $Th$  (H) and  $Th$  (L) are computed and set up based on this computed  $\sigma$ .

[0085]

$\sigma(s[\Delta], f, g) = \sqrt{(\sigma_{\Delta}^2/8 - \sigma_{\Delta}^2/8)}$  (several 15)

And in the comparison means 414 and 415, the defect of a foreign matter etc. is extracted by comparing with the set-up thresholds  $Th$  (H) and  $Th$  (L) and the value ( $\Delta s$  ( $i$ ,  $j$ ,  $f$ ,  $g$ )) of the center of a previous window. A window size here does not need to be 3x3 which was not necessarily illustrated, may be the magnitude of 4x4, 5x5, and 7x7 grade others, or it may be constituted so that it may compute to two or more window sizes. Moreover, an inspected object does not need to be a central value and may compare with the average of either of the windows, or two or more pixels, the sum, etc. A window size should be determined according to the foreign matter size which should be detected, or the pattern configuration of

a background pattern.

[0086] Next, the 6th example at the time of establishing the threshold of the absolute sensitivity of the data-processing section 400 is explained. By establishing the threshold of absolute sensitivity based on the above-mentioned (several 13) formula, the foreign matter in an LSI production process or management size of a defect can be made the same between processes. in CPU417, it amends whether it is which level to signal level (difference -- a value  $ss$  is desirable) among the detection results (the coordinate of a foreign matter, signal level (difference level)) detected by the detection digital disposal circuit 400. It is good to specifically use signal level  $ss'$  amended by the following formulas (several 16) as correction factor  $k(t)$  by the laser power  $Pl$ , (%) and the value  $ND$  of an  $ND$  filter at the time of inspection, the existence  $k$  of a polarizing plate (about ten are desirable when nothing [ it is, and ], 1 and), the reflection factor  $rb$  of a substrate, and the thickness of an oxide film. In addition, since laser power has distribution (the so-called shading) in a lighting location, it is still better to use this distribution  $Pl(x)$ .

$ss' = ss / (Pl - ND - k - rb - k(t))$  (several 16)

Thus, the foreign matter size  $d$  can be displayed with the display means 421 using computed amendment signal level  $ss'$  by the correspondence function  $df$  of the signal level  $ss$ , and the foreign matter and defective size  $d$  for which it asked beforehand ( $ss$ ).

[0087]

$d = df(ss')$  (several 17)

Here, when especially a foreign matter is small, amended signal level  $ss'$  may use the relation of being proportional to the 6th [ - ] power of  $d$  foreign matter size, using the theory of Mie dispersion.

[0088] Next, in the data-processing circuit 400, the example which carries out a defective judging by the high S/N ratio also about a big foreign matter with not only a minute foreign matter but also breadth is explained. by the way, not only a minute foreign matter but not necessarily big in the comparator circuits 414 and 415 which carry out a defective judging in the data-processing circuit 400 -- it is -- it is -- it is necessary to detect, without overlooking and carrying out the foreign matter of the shape of a thin film which spread in the range of several microns However, since it does not necessarily become large as detection signal level, in the detecting signal of a pixel unit, S/N will be low and overlooking will arise from this large foreign matter. Then, if detection signal level of a 1-pixel average is set to  $S$  and dispersion in average is made into  $\sigma/n$ , by calculating by starting and collapsing in the  $n$  pixel  $xn$  pixel unit equivalent to the magnitude of a large foreign matter, detection signal level will be set to  $n2S$ , dispersion will be set to  $n\sigma$ , and a S/N ratio will serve as  $nS/\sigma$ . On the other hand, if it is going to detect per 1 pixel about a large foreign matter, detection signal level will be set to  $S$ , dispersion will be set to  $\sigma$ , and a S/N ratio will serve as  $S/\sigma$ . Therefore, a S/N ratio can be raised  $n$  times by calculating by starting and collapsing in the  $n$  pixel  $xn$  pixel unit equivalent to the magnitude of a large foreign matter. About the minute foreign matter of 1-pixel unit extent, the detection signal level detected per 1 pixel is set to  $S$ , dispersion is set to  $\sigma$ , and a S/N ratio serves as  $S/\sigma$ . If it calculates by starting and collapsing in a  $n$  pixel  $xn$  pixel unit about the minute foreign matter of 1-pixel unit extent, detection signal level serves as  $S/n^2$ , dispersion is set to  $n\sigma$ , and a S/N ratio is set to  $S/n\sigma$ . therefore -- the minute foreign matter of 1-pixel unit extent -- the signal of a pixel unit -- the one as it is can aim at improvement as a S/N ratio.

[0089] As shown in drawing 5252, the picture signal acquired from an image memory 404, so that clearly from having explained above Two or more operators 520 who changed the size of the pixel unit for a defective judging (For example, it consists of the operator 521 of a 1-pixel unit, the operator 522 who starts in a 3x3-pixel unit, an operator 523 who starts in a 4x4-pixel unit, an operator 524 who starts in a 5x5-pixel unit, and operator who starts in unit of  $n \times n$  pixel 525 grade.) It starts in each, and when it calculates by having collapsed in each started operator and detection signal level of a 1-pixel average is set to  $S$ , the gradation signal of the level of  $S$ ,  $9S$ ,  $16S$  and  $25S$ , and  $n^2S$  will be outputted from a central pixel.  $n$  On the other hand, each of the multiplication circuits 541, 542, 543, and 544 doubles the threshold ( $m1$  and  $\sigma$ ) obtained from the threshold circuit 423 of the threshold setting circuit 424 5 times 4 times 3 times. These approximation-threshold multipliers 3, 4, and  $5n$  are presumed from a

central limit theorem. And in each of the comparator circuits 531, 532, 533, 534, and 535 which constitute comparator circuit 414', to the gradation signal with which it collapsed in each operator and the operation was performed, and a threshold ( $m1 \text{ and } \sigma$ ), 3 times, it will be compared with the threshold  $n$  Doubled, a defective judging will be performed, and the signal which shows a foreign matter will be outputted 5 times 4 times. About the foreign matter of the magnitude of 3x3-pixel unit extent, from a comparator circuit 531 namely, from a comparator circuit 532 [ foreign matter / of 1 pixel unit extent / minute ] About the foreign matter of the magnitude of a comparator circuit 534 to  $n \times n$  pixel unit extent, it will be detected [ foreign matter / of the magnitude of 4x4 pixel unit extent / foreign matter / of the magnitude of 5x5 pixel unit extent ] from a comparator circuit 535 from a comparator circuit 533. Therefore, by taking the OR of the signal which shows the foreign matter detected from each of comparator circuits 531-535 in OR circuit 550, the signal which shows the foreign matter which has various magnitude is detected as a high S/N ratio is also, and the rate of prehension can be raised also about the big foreign matter which was small as detection signal level and moreover had breadth.

[0090] in addition, difference -- if it integrates with a pixel signal and is made to output after processing circuit 403' whenever it has the operator who can change the size of the pixel unit for a defective judging as mentioned above and changes the size of a pixel unit, from a comparator circuit 414, the signal which shows the foreign matter of the magnitude suitable for the size of the changed pixel unit will be detected. However, although the thing which change the size of a pixel unit in this case and to do for the count inspection of plurality is needed, a value exact as a threshold will be set up. moreover, difference - - after processing circuit 403', in having two or more operators who can change the size of the pixel unit for a defective judging, the storage capacity of an image memory 404 needs two or more times. Moreover, an approximation-threshold multiplier may be applied to the threshold ( $m1 \text{ and } \sigma$ ) which may prepare more than one and is obtained from the threshold circuit 423 of the threshold setting circuit 424 as a threshold setting circuit 424, and a threshold may be calculated. It becomes as detection signal level, it is small, and possible to catch correctly big \*\*\*\*\* which moreover had breadth by doubling the size of the pixel unit for the defective judging with which it integrates or it collapses a boxcar function in comparator circuit 414', as explained above with the size of a foreign matter to detect.

[0091] Next, the example about the condition broth technique in defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is explained using drawing 42 - drawing 46 . That is, defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, has the sequence of condition \*\*\*\* as shown in drawing 42 , and inspection is performed according to the verification condition made from this sequence. CPU417 is set to step S41. Namely, for the display means 421 The screen for [ various ] mode selection as shown in drawing 43 is displayed, the input means 426, such as a keyboard and a mouse, are used, and it is a chip matrix in a wafer (in the size of a chip). The data S411 of a chip array, like there are not a start point coordinate of a chip and a chip, condition broth mode (a. area priority) b. The mode of a criterion, c. sensibility priority, d. sensibility display post selection S412, and threshold prior selection (a.  $m1=6$ :misreport probability-of-occurrence OO% and b.  $m1=10$ :misreport probability-of-occurrence OO% and c.  $m1=15$ :misreport probability-of-occurrence OO%) S413 grade is chosen. In condition broth Mode S 411, a. area priority is in verification condition mode in which a comparatively big foreign matter can be inspected in an area larger than a canonical mode, by weakening power of the illumination light. What is necessary is just to set up the area of a non-inspection zone to 5% or less with area priority, although the field where background level was saturated turns into a non-inspection zone substantially. In drawing 45 , area priority shows the case where an about 2.5-micrometer foreign matter can be inspected from all area.

[0092] b. A criterion is in verification condition mode in which a foreign matter can be inspected by standard sensibility. In drawing 45 , the criterion shows the canonical mode which can inspect an about 1.0-micrometer foreign matter from about 90% of the whole inspection area, and can moreover inspect even an about 0.2-micrometer foreign matter.

[0093] c. Sensibility priority is in verification condition mode set up so that the mode set up so that a foreign matter minuter than a canonical mode could be detected and sensibility might be made high, or the specified detection sensitivity could be secured. In drawing 45 , sensibility priority can inspect an

about 0.5-micrometer foreign matter from about 75% of the inspection area of the whole detection, and shows the mode which can moreover perform inspection of the foreign matter to 0.1 micrometers. Specifically, the power of the illumination light is set as the level which can secure the verification condition which can detect a foreign matter (it sets to drawing 45 and is about 0.1 micrometers) smaller than the foreign matter specified by detection size assignment, or the specified detection sensitivity (it sets to drawing 45 and an about 0.5-micrometer foreign matter is 75% or more in inspection area) by raising the power of the illumination light.

[0094] d. Sensibility display post selection is the mode which displays the relation between the size (sensibility corresponding to a threshold) of the inspection result in the three above-mentioned modes, the threshold map in a chip, or a foreign matter, and inspection area (threshold histogram), and chooses a suitable thing. The power of the illumination light will be strengthened and the dynamic range will be made low as area priority weakens the power of the illumination light most, raises a dynamic range and goes to give [ a criterion and ] priority sensibility. Therefore, in a threshold map, in the case of an area priority mode, there are few non-inspection zones which cannot detect a foreign matter, but only the foreign matter to about 0.5 micrometers can be inspected. In the case of a canonical mode, the saturated non-inspection zone which cannot detect the foreign matter displayed on drawing 45 in white increases, but even an about 0.2-micrometer foreign matter can be inspected. Although the saturated non-inspection zone which cannot detect the foreign matter displayed on drawing 45 in white will increase further in the case of a sensibility priority mode, even an about 0.1-micrometer foreign matter can be inspected. In addition, the rate 471 of surface ratio to sensibility and its integral value 472 are shown in the threshold histogram, and which value may be displayed on it. Selection of threshold presetting can be performed from the probability of occurrence of the misreport which looks at and permits probability-of-occurrence (occurrence frequency) OO% of the displayed misreport. That is, since a threshold is set up from the dispersion sigma of the level of a detection image as described above, it becomes possible to compute probability-of-occurrence OO% of a misreport automatically, and to display it based on a statistical theory, according to a scale factor m1. Thereby, the scale factor m1 according to the probability of occurrence of a misreport, i.e., a threshold setup, can carry out easily.

[0095] Next, in step S42, CPU417 sets up the spatial filter 202 according to the circuit pattern structure in the selected wafer with hand control or automatic, and sets it to step S43. As shown in drawing 46, the image of this spatial filter 202 is checked with visual observation or automatic with the image by the image formation optical system 227 and TV camera 228 which doubled the focus with the filter location. In NO, it returns at step S42, a spatial filter 202 is set up again, and, in YES, it progresses to the following step. As a spatial filter 202, it is constituted so that the phase and pitch of a protection-from-light pattern can be changed. In addition, as shown in drawing 46, the thing 225 which constituted in one the spatial filter observation optical system which consisted of a half mirror 226, an image formation lens 227, and TV camera 228, and a beam splitter 204 is constituted possible [ a change ], as an arrow head 230 shows. That is, when usually detecting a foreign matter, it will change so that a beam splitter 204 may be positioned in a detection optical axis and a half mirror 226 may be positioned in a detection optical axis at the time of positioning and spatial filter observation. And in an automatic case, by picturizing the protection-from-light pattern and the diffracted light which are similarly detected in opening 20a with TV camera 228, if shown in drawing 19 (b), the phase and pitch of a protection-from-light pattern can be doubled so that the diffracted light may be shaded. Moreover, by shifting the location of TV camera 228, as an arrow head 229 shows, the image of the circuit pattern in the substrate for inspected can also be observed, and it can double also about the directivity of a protection-from-light pattern.

[0096] Next, CPU417 is set up in step S44 by inputting the scale factor (multiplier) m1 to the standard deviation sigma for setting up threshold Th using the input means 426 in the about six to 15 range. Next, in step S45, by inputting the detection size of a foreign matter using the input means 426, assignment S451 of detection size is performed, and CPU417 computes the laser power which can detect the foreign matter of this specified size, and is set up by controlling a laser light source 101 by the control signal 430 to become this computed laser power. Next, in order that CPU417 may create some chips or a

threshold all over the districts in step S46 Scan and inspect a wafer top and the threshold map computed with the threshold calculation means 418 is stored in the threshold map storing means 419. The threshold map (threshold image) shown in drawing 44 and drawing 45, or a threshold histogram (relation with inspection area with sensibility (for example, axis of abscissa) and its sensibility), Or the thing ( drawing 45 ) displayed in the form where it integrated with this histogram The sensibility of whether it displays on the display means 421 and a threshold is in desired level (foreign matter size to detect) based on the this displayed threshold map is checked. In NO, it will return at step S45, detection size will be specified again, and, in YES, it will progress at the following step.

[0097] Next, in step S47, CPU417 inspects the wafer whole region, and if there is a field where a misreport comes out to a part, it will set it up by making this field into a non-inspection zone (inhibit field) based on the CAD information in a chip, or the information on a threshold map depending on the case. Then, in step S48, based on the command from CPU417, a foreign matter etc. is inspected to the substrate 1 for inspected, and in the data-processing circuit 400, when judged as the defect of a foreign matter etc., the detection signal level and detection coordinate will be stored in storage 427. Next, in step S49, the actual substrate 1 for inspected is optically observed using the optical observation microscope 700 which finally consists of above-mentioned foreign matter test equipment, a confocal microscope installed, or an ultraviolet ray microscope, and it checks that it is a misreport about whether it is the defect of a foreign matter etc. It will not be able to be checked without this check whether the condition broth has set up the optimal. The part to which a detailed complicated circuit pattern exists in the chip on the substrate 1 for inspected especially, and the part which an irregular color generates will be intermingled, and it is necessary to carry out the last check of a condition broth using the optical observation microscope 700. And in the misreport check in step S49, in NO, it sets to step S50, and by the case, it increases, the scale factor m1 for a threshold setup (multiplier) is decreased, and laser power is changed into step S45 return and if needed. In YES, a condition broth is completed.

[0098] Here, whether it omits a part or the above-mentioned procedure replaces sequence, it can attain the purpose. As explained above, a setup of the optimal condition broth to the foreign matter size (sensibility) which wants to detect a request can be performed easily in a short time. In addition, by moving stages 301 and 302, the optical observation in step S49 moves the foreign matter (a misreport is also included) detected on the inspected object 1 to the location of the detection optical system 701 of the optical observation microscope 700 shown in drawing 46, and observes this image. Since it has the image formation optical system of high resolution by the detection system 200 of this invention, and the coordinate precision in the case of this migration is high, under the usual microscope, it is unobservable in many cases (since the foreign matter especially smaller than the resolution limit of the detection optical system 200 by the dark-field-illumination systems 102-105 is detectable). Then, as for this optical observation microscope 700, it is desirable that resolution is very high, for example, it is by confocal optical system or the optical system which has lighting of that lighting wavelength is short (for example, 248nm, 365nm, 266nm or the wavelength of these neighborhoods, ultraviolet rays, or far ultraviolet rays). That is, the optical observation optical system 700 is \*\* which the image near an electron ray microscope image is obtained, and it asks for defective sizes, such as a foreign matter, with high precision, or can also classify the configuration of the defect of a foreign matter etc. according to the image of the wavelength around 200nm in this way. In addition, the configuration of the optical observation microscope 700 is shown in drawing 46. The detection optical system 701 which has the TDI sensor which is shown in light field or dark field UV irradiation optical system, and drawing 41, and in which ultraviolet-rays detection is possible, The image-processing system 702 which performs the image detected from the TDI sensor of this detection optical system 701 for A/D conversion etc., It consists of an image memory 704 which memorizes the image by which A/D conversion was carried out by this image-processing system 702 to the address based on the coordinate data of the foreign matter (what is considered to be a misreport) detected from the data-processing circuit 400, and a display means 703 to display an image. Therefore, a stage 301,302 is controlled based on the coordinate data of the foreign matter (what is considered to be a misreport) detected from the data-processing circuit 400, and the misreport under the optical observation microscope 700 can be checked by displaying the image

considered to be a misreport on the display means 703, and observing it. That is, the location of the detection coordinate stored in storage 427 is moved into the visual field of the optical observation microscope 700 on stages 301 and 302, the optical observation microscope 700 detects the image within a visual field, and it stores in the display means 703 as numerical image data in a display or an image memory 704. This data can also be again displayed, when required. Moreover, the data stored in the image memory 704 can make it possible to provide for CPU417 of the data-processing circuit 400, and can observe it later with the image data transmitted from other foreign matter test equipment. Anyway, as an optical observation microscope 700, \*\*\*\*\* which has the above-mentioned high resolution, a dark field microscope with the above-mentioned illumination-light study system 100, a dark field microscope with incoherent lighting, a phase-contrast microscope, and a confocal microscope may be used.

[0099] Moreover, a condition broth can be made to complete in the above-mentioned condition broth only by inputted and setting up the chip matrix in step S41, and the foreign matter size in step S45 inspecting. That is, an input setup of a chip matrix and foreign matter size (the sensibility according to foreign matter size is sufficient.) is the indispensable setups in a condition broth. Moreover, the filter check in step S43, a setup of the scale factor m1 in step S44, the sensibility check in step S46, a setup of the inhibit (non-inspection zone) in step S47, and the misreport check in step S49 are option setups. Moreover, in a threshold setup, generating of a misreport can be suppressed by using it with the threshold by the side of stability (big threshold), and conversely, even if some misreports come out by making a threshold small, the foreign matter of high sensitivity can be inspected. The former is fit for the latter analyzing the generating situation of a defect defect (classification of the foreign matter defect for investigation of a defect generating cause) toward quality control (it finds having become unusual.) of the processor of a wafer.

[0100] Next, it is detected from image sensors 205,206 and foreign matter particle-size presumption which CPU417 performs from the scattered-light image which A/D conversion is carried out with A/D converter 401, and is memorized in an image memory 404 is explained using drawing 47. that is, the signal level (difference -- a value ss is desirable) of the scattered light is equivalent to magnitude, such as a particle or a blemish which the scattered light is generated. Therefore, CPU417 can match amended detecting-signal ss' with the size d of a foreign matter or a defect by multiplying a detecting signal ss by correction factor k (t) computed according to laser power, the polarizing plate 208 at the time of inspection, a spatial filter 202, the include angle phi 1 of lighting, and the conditions of alpha1 grade. Then, CPU417 can use for the detection size assignment in step S45 the foreign matter for which it asked in this way, or the size information on a defect in the above-mentioned condition broth. Moreover, since a fixed inclination is looked at by the magnitude (the number of pixels which shows the breadth of the image of a foreign matter) of an image and the magnitude of a foreign matter which show the foreign matter in the detection image which is detected by the TDI image sensors 205a and 206a, and is memorized in an image memory 404 as shown in drawing 47 It becomes possible to match foreign matter particle size from the detection image with which CPU417 was memorized in the image memory 404 by carrying out counting of the number of pixels which shows a foreign matter. It can find out magnitude of the image which the magnitude of a foreign matter shows a foreign matter also in 0.13 micrometers - about 0.2 micrometers especially, and correlation to be, and it becomes possible to presume the magnitude (particle size) of a foreign matter. Moreover, it is the foreign matter size which enters in one pixel, and when signal level exceeds the dynamic range of image sensors 205 and 206, foreign matter size can be presumed by the following approaches. That is, since image formation is carried out with breadth as shown in drawing 48 (a) even if it is the case where it goes into one pixel, a peak level, i.e., the signal strength beyond a dynamic range, can be presumed from the standup of this breadth part, and the width of face (width of face W of a certain threshold) of falling. In this case, as shown in drawing 48 (b), presumption of foreign matter size can be further made easy from a detection image by producing dispersion on the front face of cover glass 220, and making breadth from making the cover glass 220 of image sensors 205,206 into specific surface roughness compulsorily.

[0101] Next, two or more inspection depended on the foreign matter test equipment concerning this



invention is explained. That is, two or more inspection is area priority, a criterion, and the conditions which enlarged power of the illumination light like sensibility priority, standard conditions and the conditions made small, in order to earn a dynamic range, they inspect the front face of the substrate 1 for inspected, makes the result an inspection defect, and CPU417 is outputted. CPU417 can unify simply two or more above-mentioned inspection results, and can output an inspection result map (drawing which considered the mark of a defect as the plot with the inspection result map at the position coordinate by which the defect of a foreign matter etc. was detected in the substrate 1 for inspected.). Moreover, the list and map in which not a map but the coordinate list of foreign matters or the detection signal level of a foreign matter is shown are sufficient as CPU417. Moreover, as two or more inspection, in order to earn a dynamic range, what changed the transit time of a stage 301,302 may be used so that the defect of a more detailed blemish, a foreign matter, etc. can be detected. Furthermore, the conditions using the conditions of the lighting directions  $\alpha_1$ ,  $\phi_1$  (zero are also included), and  $\phi_2$  (zero are also included), the existence of a polarizing plate 208, the white lighting 500, and the laser lighting 100 by the illumination-light study system 100 etc. may be changed.

[0102] Moreover, the art in CPU417 may also be the result (it classified) of mapping detection signal level ss' by which the defect inspected by two or more verification conditions was amended to the space of each dimension (the power of the illumination light, the lighting direction, the existence of a polarizing plate, white lighting, and laser lighting), and carrying out a class division from the distance in space. For example, as shown in drawing 49, detection signal level ss' according detection signal level ss' by the laser illumination system 100 to another illumination system (there are a white illumination system 500 and an illumination system shown in drawing 5050.) is plotted to a x axis at the y-axis. Thereby, the location of these plots can be classified into two fields according to straight-line  $y = \beta x$  set up beforehand. And this classification result will show the description of a foreign matter. When using the illumination system shown in drawing 50 as another illumination system, the defect of the foreign matter plotted by the field of  $y > \beta x$  is the blemish and the flat foreign matter 491 which do not shine so much with the method lighting of slanting, and it is checked by experiment that the defect of the foreign matter plotted by the field of  $y < \beta x$  is the foreign matter 492 which has height comparatively. Here, this boundary line does not need to be the above-mentioned straight line, and the straight line or curve of the curve of arbitration or two or more arbitration is sufficient as it. Moreover, the space which finds such distance may give two or more dimensions. Furthermore, these inspection of two or more may be inspected by coincidence with detectors 205 and 206. The illumination system shown in drawing 50 changes to carrying out method lighting of the laser beam bundles 10, 11, and 12 shown in drawing 3 of slanting, inserts the detailed straight-line-like mirror 240 between an objective lens 201 and the substrate 1 for inspected, reflects the laser beam bundle 10 by the detailed straight-line-like mirror 240, and illuminates the beam flux of light 3 almost perpendicularly to the substrate 1 for inspected. Therefore, the zero-order diffracted light (specular reflection light) from the substrate 1 for inspected will be shaded by the detailed straight-line-like mirror 240, and the primary more than diffracted light will pass an objective lens 201. In addition, as for the detailed straight-line-like mirror 240, in the field of a spatial filter 202, it is desirable that it is the band of the shape of a sufficiently thin straight line so that the function of a spatial filter 202 can be achieved.

[0103] Next, connection with the foreign matter test equipment and the external device concerning this invention is explained. That is, CPU471 controls the whole foreign matter test equipment concerning this invention. Therefore, the conditions for an inspection result or inspection (especially threshold map) etc. are stored in the storage 427 connected to CPU417. And to connect the inspection result stored in these storage 427 or a verification condition to an alien machine through Local Area Network 428 or a modem is desired. The situation of an improvement of the verification condition in foreign matter test equipment and the problem of foreign matter test equipment etc. can be exchanged by connecting to the Internet especially between the user who uses foreign matter test equipment, and the manufacturer of foreign matter test equipment. In an exchange of these data, secrecy can be held by having a code key and enciphering data between a foreign matter test equipment manufacturer and a user. Moreover, it also becomes possible to exchange the situation of an improvement of the process conditions in a process



processor based on inspection results, such as a foreign matter inspected with foreign matter test equipment, and the problem of a process processor etc. between the user who uses a process processor, and the manufacturer of a process processor. Moreover, by constituting the image processing system 400 concerning this invention from a programmable system, it can be shown in drawing 4, drawing 28, drawing 2929, drawing 30, and drawing 31, and an algorithm can be rewritten and performed. These algorithms are because corresponding to partial fluctuation of the signal strength by interference of the oxide film on the front face of a wafer etc., and can realize the so-called algorithm corresponding to an irregular color.

[0104] Next, a production line and its manufacture approaches, such as a semi-conductor using the defective test equipment concerning this invention explained above, are explained using drawing 32 - drawing 34. As shown in drawing 32, production lines, such as a semi-conductor using the defective test equipment concerning this invention, are constituted by a production process 601 thru/or 609, test equipment 610 or 612, the probe inspection process 614, and the data-analytic system 613. It is continuously monitored with test equipment 612, such as defective test equipment with which a production process requires these processes for above-mentioned this invention including the processes 601, 605, 608, and 609 that effect in the yield is large especially (the yield is influenced). Moreover, when abnormalities are detected by this monitor between the abnormalities 601 between processes, for example, a process, and 606, the processes 602, 603, and 604 in the meantime are supervised with test equipment 610, and identify the process which makes abnormalities, or equipment. Moreover, especially the important process 607 is supervised in occupancy with test equipment 611.

[0105] By the way, in order to be able to inspect the defect of the foreign matter adhering to the desired foreign matter or the desired maximum front face of only a process etc. in a high discernment precision, it is good to carry out defective inspection of the foreign matter by the foreign matter test equipment 612 concerning this invention etc., after carrying out process processing before carrying out process processing of this process, and to search for the logical difference of the defective inspection result after process processing, and the defective inspection result before process processing. Here, in case it judges based on this logical difference, it is not accidentally judged as the defect which generated the foreign matter generated before this process at this process. It is better to overlook this defect rather. It is because measures will be taken based on the mistaken decision so that a defect may not occur.

[0106] However, only the defect of the foreign matter generated in this process down stream processing is necessarily undetectable with the above-mentioned logical difference. This is based on the following reasons. The defect which the film was formed in the front face of the defect of a foreign matter etc. of membrane formation etc., defective sizes, such as a foreign matter, became large as a result, and inspection sensibility of the reason improved, and existed from before membrane formation is because it will be inspected after membrane formation. That is, in fact, in front of the membrane formation process, it is discovered after this membrane formation process, without being inspected, and the defect which must have been attached from before will be judged by mistake to have generated at this membrane formation process.

[0107] Then, the decision which can detect now the detailed defect attached from before, and made a mistake in it can be abolished by making a scale factor m1 small, lowering a threshold beforehand, at the time of the inspection before this membrane formation process, and raising inspection sensibility at it. Thus, when the inspection sensibility in front of this membrane formation process is raised, incorrect detection (misreport) will increase, but as shown in drawing 51, it does not become a problem by taking the logical difference (B-A) before and behind this process. However, a surface condition may change before and after process processing for every field in the chip of the substrate 1 for inspected. Even if it lowers a threshold on the whole before process processing, background level is high, and the field where a threshold will be in the condition of not inspecting, or a low sensibility condition, as a matter of fact greatly as a result exists, and it becomes impossible for this reason, to detect the detailed defect attached from before from this field.

[0108] then, it sets to CPU417 of the data-processing circuit 400 of the defective test equipment 612 concerning this invention -- it is judged as the defect which it was detected as  $I_a > T_{ha}$  in  $I_b < T_b$ , and was

generated in the process down stream processing P concerned only at the time of  $I_a > \kappa \cdot Th_b$ . Namely, even if it raises and inspects inspection sensibility as much as possible by the inspection before the process down stream processing P concerned, when a defect is not able to be detected, it sets. Even if it drops inspection sensibility on the inspection after the process down stream processing concerned and raises a threshold, only when a defect is detected It is judged as the defect generated in the process down stream processing P concerned, inspection sensibility is dropped on the inspection after the process down stream processing concerned, and when a defect is not detected for  $\kappa$  double \*\*\*\*\* in a threshold, either, the decision mistook by carrying out processing which overlooks this defect can be abolished. That is because the probability judged to be the defect produced in the process down stream processing concerned falls. Naturally, in  $I_b \geq Th_b$ , it can be regarded as the defect generated before. However, the detection signal level of the defect by which  $I_a$  was detected in the inspection after the process down stream processing concerned, and  $I_b$  show the detection signal level of the defect detected in the inspection before the process down stream processing concerned. The inspection threshold level by which  $Th_a$  is obtained from the threshold map storing means 419 after the process down stream processing concerned, and  $Th_b$  show the inspection threshold level obtained from the threshold map storing means 419 lowered as much as possible before the process down stream processing concerned.  $\kappa$  is a multiplier exceeding 1 and is determined according to  $Th_b$ . In addition, in the comparator circuit 414 grade of the data-processing circuit 400 of defective test equipment, it will be compared about  $I_a$ , and  $Th_a$ ,  $I_b$  and  $Th_b$ .

[0109] therefore, the threshold level (threshold image) of the field according to the chip whole region or this in front of process down stream processing (a case -- after process down stream processing) which was obtained from the threshold map storing means 419, and was memorized by storage 427, and the defective detecting signal before and behind the process process which was acquired from memory 404 and memorized by storage 427 are needed for the above-mentioned defective judging processing which CPU417 performs. Important one memorizes the information on the threshold map at the time of inspection before process down stream processing to storage 427, and is to determine the multiplier  $\kappa$  which determines the threshold at the time of inspection after process down stream processing ( $\kappa \cdot Th_a$ ) using the information on this threshold map. Naturally,  $Th_a$  will be computed in the threshold calculation means 418 at the time of inspection after process down stream processing. Furthermore, the monitor technique which defective test equipment 612 supervises to processes 602 and 603 and 604 grades is explained. the 1st technique passes through a process paying attention to the wafer in a lot -- \*\* -- it is the process monitor technique by the same wafer which supervises the condition (change) of adhesion of the defect of the foreign matter of a view wafer etc. The 2nd technique is the technique of supervising the condition of the process unit or a process by supervising the condition before and behind the wafer which passes the process paying attention to a certain process unit or process. Although all are common in that the condition of a process is supervised, the 1st technique compares between processes, the purpose looks for the bad process of a condition, and the 2nd technique is the purposes with main comparing a change of a certain process with time. That is, the monitor of the accidents, such as sudden foreign matter generating, is carried out, or the 2nd technique aims at evaluating the effectiveness after implementing cures against defective reduction, such as a certain foreign matter, etc.

[0110] It can know how the defect is fluctuating the management which pays its attention to the especially specific process process by test equipment 612, or its equipment here at this process. Furthermore, using the size of the foreign matter detected especially here, by judging the fatality in this process of that foreign matter, the importance of the cure of this foreign matter can be known, and it becomes the motivation when coping with it, and becomes very effective in this management. That is, by getting to know the magnitude of the cure effectiveness of the defect of a foreign matter etc., he is more strongly conscious of the consciousness to a cure, and it can connect to cure action. As explained above, the data supervised and incorporated are incorporated by the data-analytic system 613, and relation with the yield etc. is analyzed from generating of abnormalities, and relation with the data from the probe inspection process 614. Furthermore, test equipment, such as the Mitsuki campimetry besides

the defective test equipment concerning above-mentioned this invention and SEM inspection, is used for the above-mentioned test equipment 610, 611, and 612. These test equipment has each features and detectable foreign matters differ. Then, by using these test equipment together, it is total and the dependability of inspection can be improved. Moreover, these test equipment has a difference also in inspection time amount (throughput of inspection) from the detection principle. Although the laser dispersion method of the above-mentioned defective inspection method of a high throughput is suitable for inspection of a particle, its rate of prehension at the time of detection is low by the coherence of laser. Although it is high, since the Mitsuaki campimetry needs high resolution at the time of a sampling for the reason at the time of a compare check, its throughput is low. [ of the rate of prehension ] Although improvement in the speed of inspection is difficult since the inspection using an electron ray has low SN, it is fit for inspection of the upper defective continuity who can inspect high resolving. [0111] It is necessary to systematize these test equipment in an LSI production process, taking sensibility, a throughput, a detectable object, etc. into consideration. As shown in drawing 33 , when each test equipment increases the defect of a foreign matter detectable from 26 to 29 etc. from 24 to 27 and increases the total number of detection of a system from 25 to 28 to it, the system which has the high engine performance on the whole can be built. The transition 30 of the yield at the time of mass-production starting is shown in drawing 34 . Moreover, the transition 31 of the number of defects is also shown in coincidence. The number of defects falls as the yield improves. However, also in the situation that the yield started, the number of defects rises suddenly and the yield may be reduced. Then, it is necessary to get to know these defective generating promptly, and to cope with a stop defective generating cause to production of a defective generating process temporarily. Therefore, defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, is needed.

[0112]

[Effect of the Invention] According to this invention, the effectiveness that can improve the effectiveness of lighting and can reduce the diffracted light from the pattern in substrates, such as an LSI pattern, according to a spatial filter and the lighting direction, and the foreign matter and defect on the substrate of LSI wafer superiors are detectable by high sensitivity and the high throughput since a threshold can be low set up for every location where dispersion in a chip differs further is done so. Moreover, according to this invention, the effectiveness that it is high sensitivity and the minute foreign matter and defect which exist on the substrate for inspected with which a repeat pattern and a non-repeat pattern are intermingled can be detected at a high speed is done so using the usual TDI sensor of high sensitivity. Moreover, according to this invention, the quantity of light of the Gaussian beam flux of light by which outgoing radiation is carried out from the usual cheap light source, for example, a laser light source, is used effectively, and the effectiveness that it is high sensitivity and the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. can also be inspected at high speed is done so. Moreover, according to this invention, the quantity of light of the Gaussian beam flux of light by which outgoing radiation is carried out from a laser light source is used effectively, and the effectiveness that the lack of the illuminance [ in / it is alike, therefore / the periphery of the detection field on the substrate for inspected ] to which is resembled, therefore MTF falls which moreover separates from an optical axis in detection optical system is canceled, it is high sensitivity and the defect of a very minute foreign matter about 0.1 micrometers or less etc. can also be inspected at high speed is done so, for example.

[0113] Moreover, the effectiveness that the defect of a true foreign matter etc. can be inspected is done so, without according to this invention, setting the threshold level which is a criterion as the optimal sensibility according to the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected, and making a misreport increase remarkably. Moreover, according to this invention, the effectiveness that the defect of the foreign matter of size etc. in which he wants to set up and detect the threshold level which is a criterion according to defective sizes, such as a foreign matter to detect in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected, can be inspected is done so. Moreover, according to this invention, the effectiveness that the defect of a foreign matter etc. can be inspected as the size of the defect of the foreign matter which exists in the various circuit pattern spaces in the structure arranged on the substrate for inspected can be presumed is done so.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

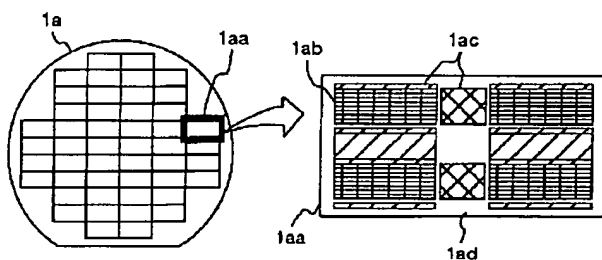
---

DRAWINGS

---

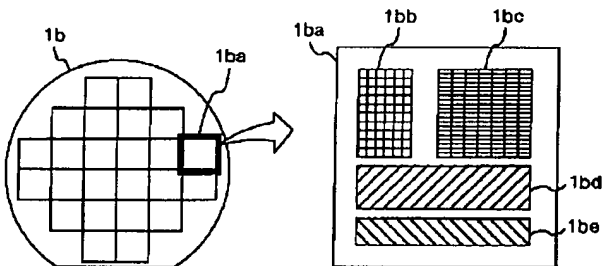
[Drawing 1]

図 1



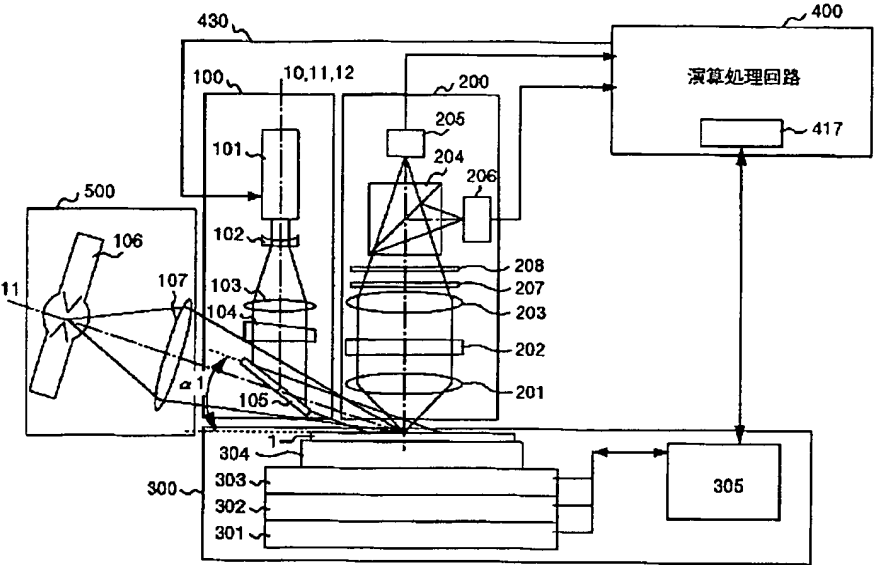
[Drawing 2]

図 2



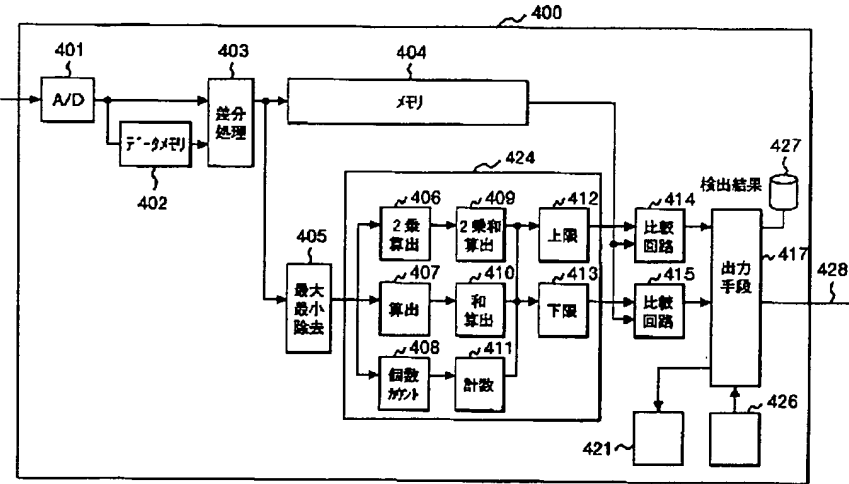
[Drawing 3]

図 3



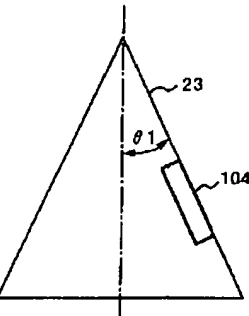
[Drawing 4]

図 4



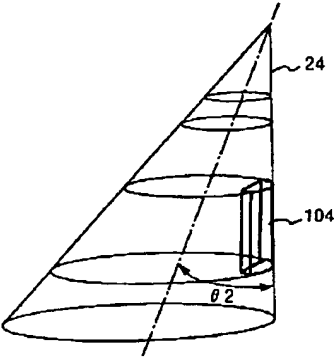
[Drawing 7]

図 7



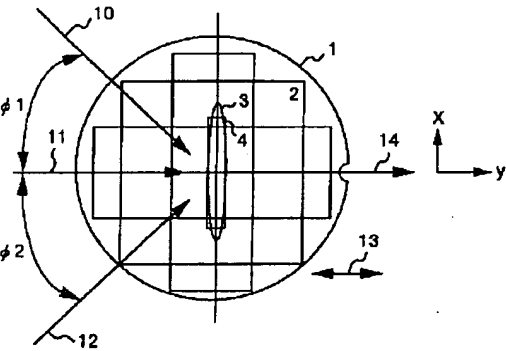
[Drawing 8]

図 8



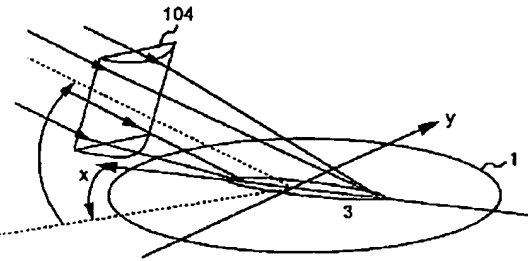
[Drawing 5]

図 5



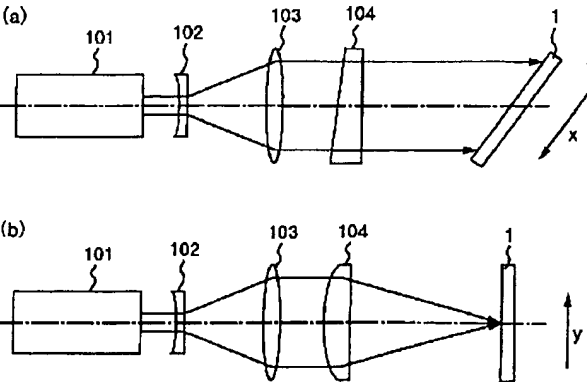
[Drawing 6]

図 6



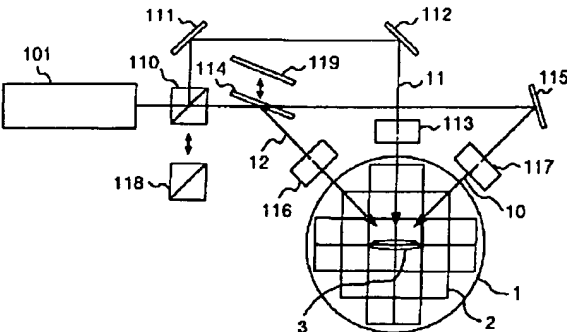
[Drawing 9]

図 9



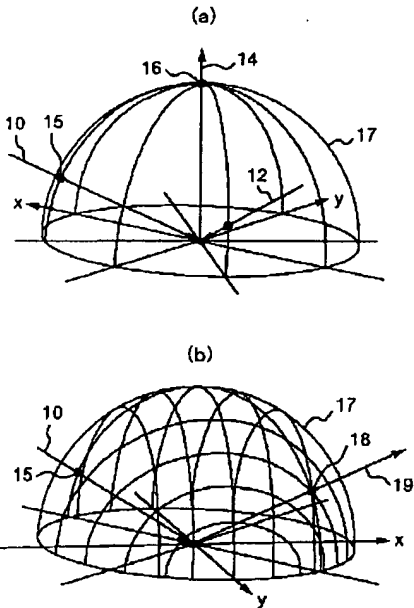
[Drawing 10]

10



[Drawing 11]

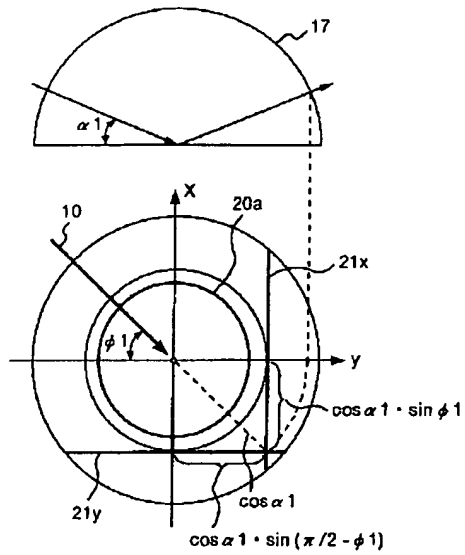
11



[Drawing 12]

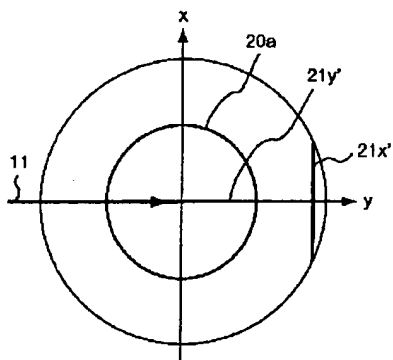


12



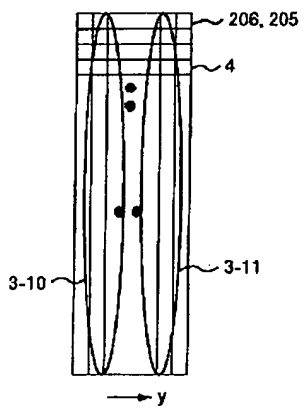
[Drawing 13]

13



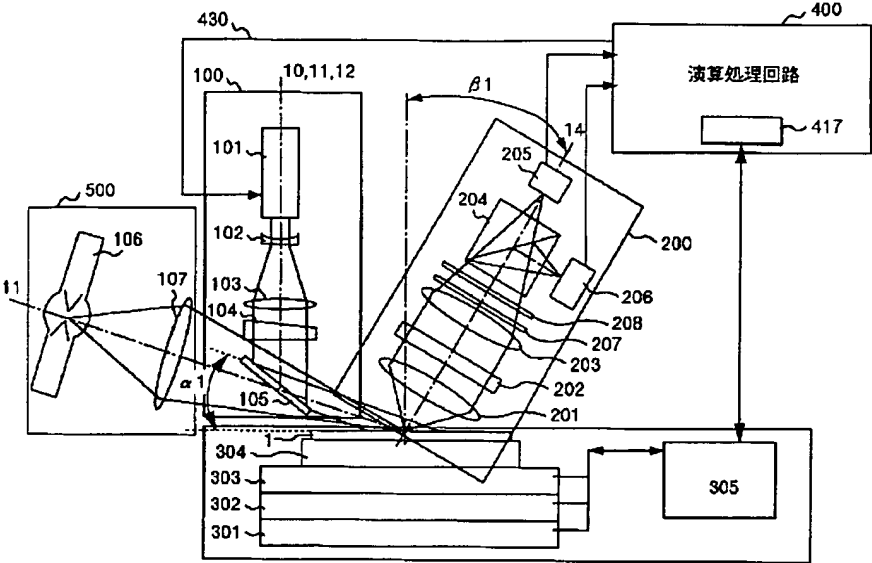
[Drawing 14]

14

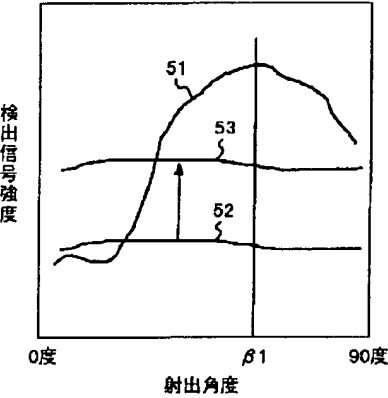


[Drawing 15]

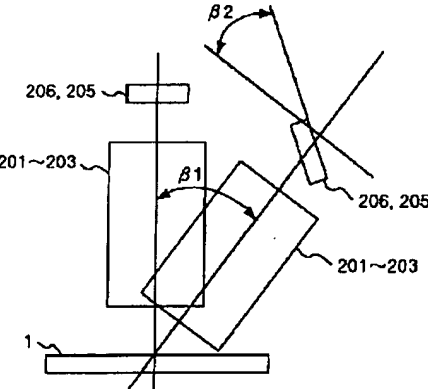
図 15



[Drawing 16] 図 16

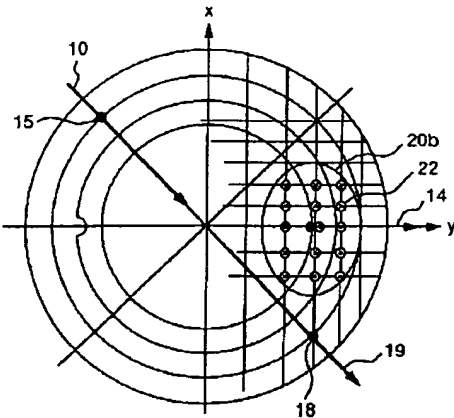


[Drawing 17] 図 17



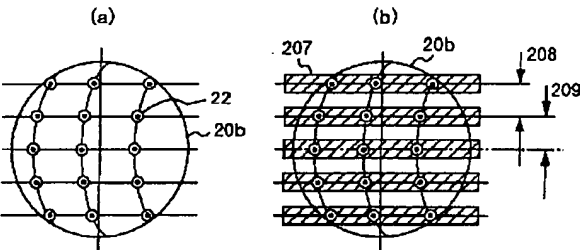
[Drawing 18]

18



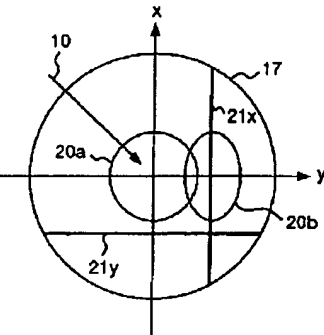
[Drawing 19]

19



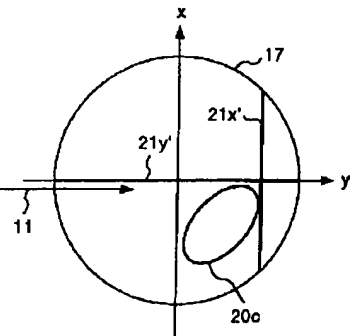
[Drawing 20]

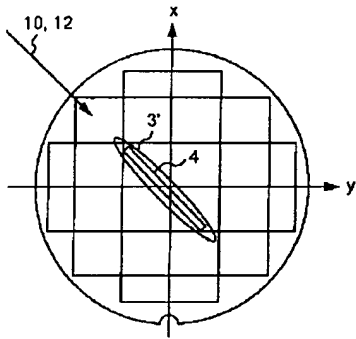
20



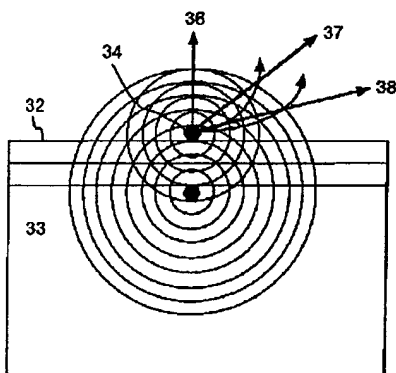
[Drawing 21]

21



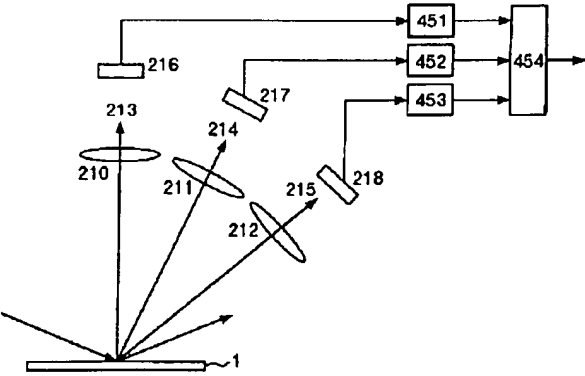
[Drawing 22]  
2 2

[Drawing 23]

[Drawing 24]  
2 4

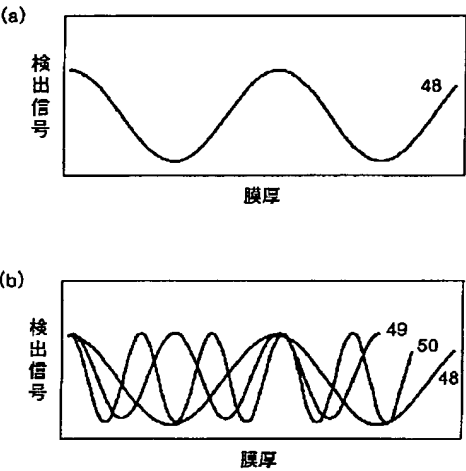
[Drawing 25]

図 2 5



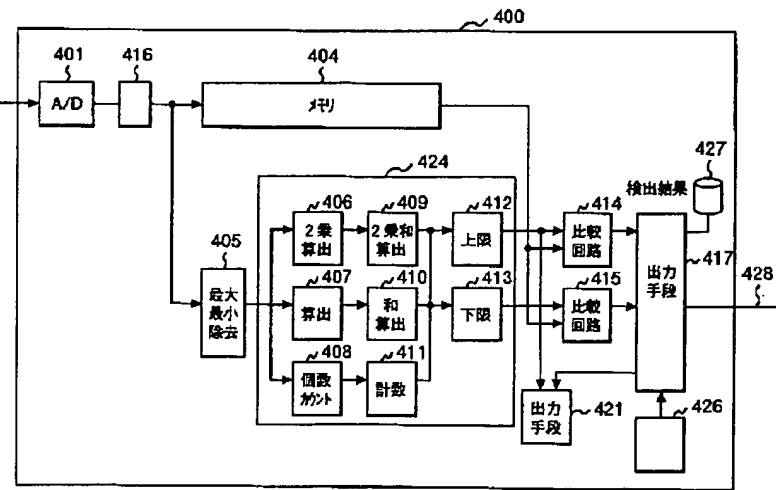
[Drawing 26]

図 2 6



[Drawing 28]

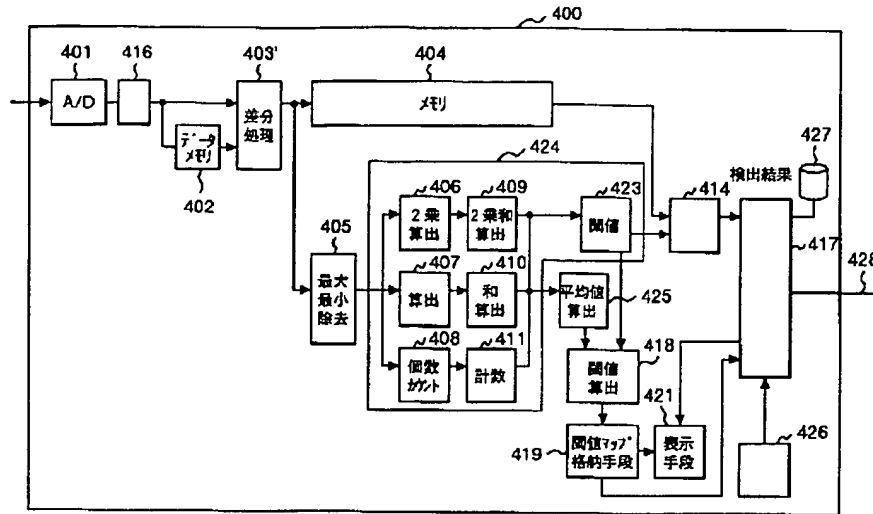
図 2 8



[Drawing 33]

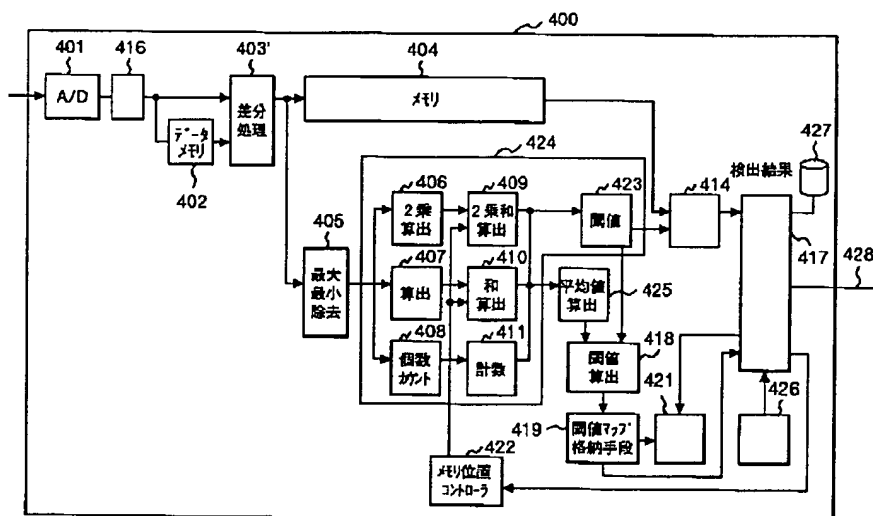


図 29



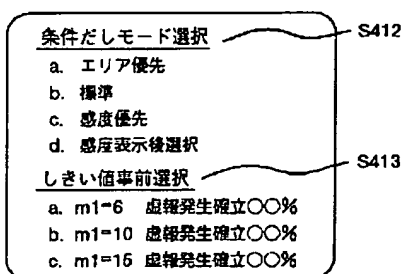
[Drawing 30]

図 30



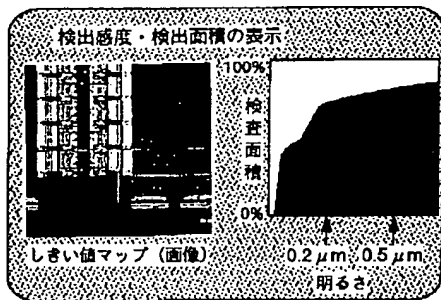
[Drawing 43]

図 43



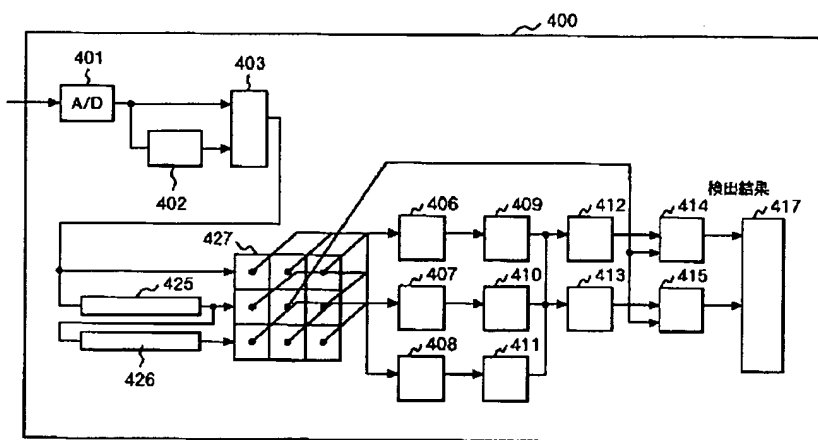
[Drawing 44]

図 4 4



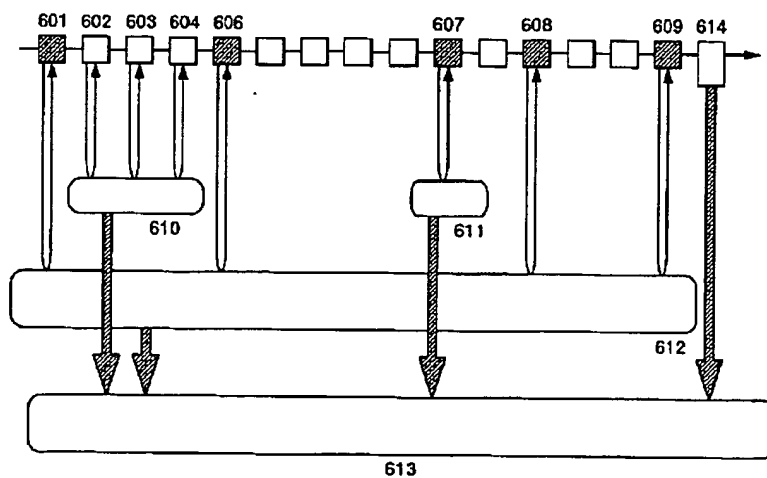
[Drawing 31]

図 3 1



[Drawing 32]

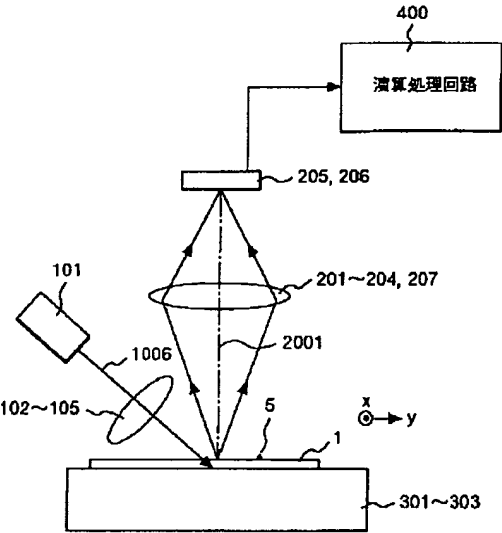
図 3 2



[Drawing 35]

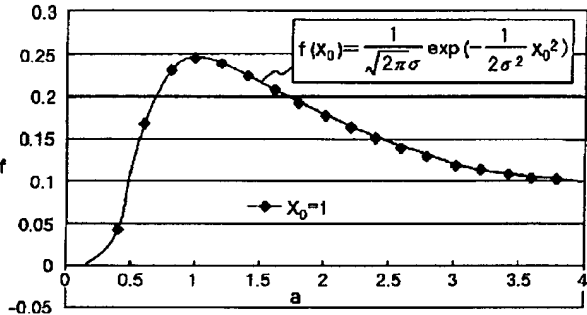


図 3 5



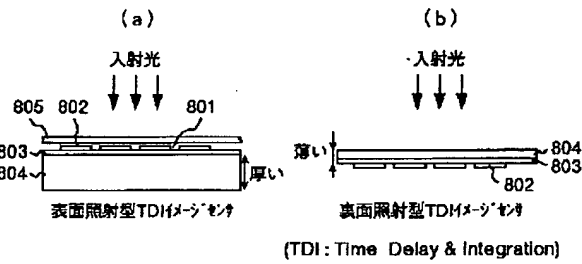
[Drawing 39]

図 3 9



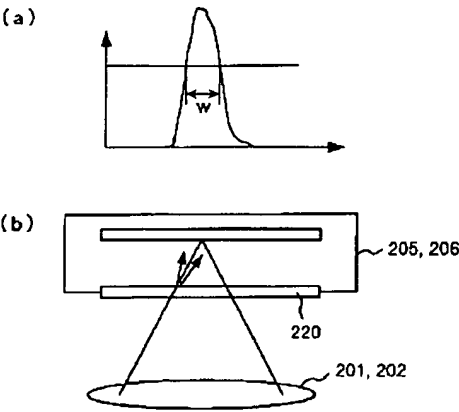
[Drawing 41]

図 4 1



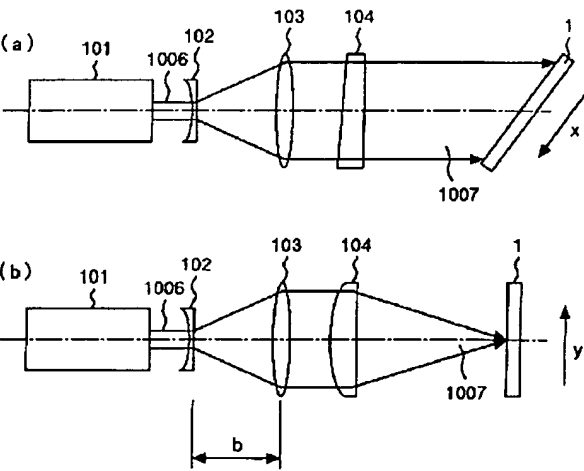
[Drawing 48]

図 4 8



[Drawing 36]

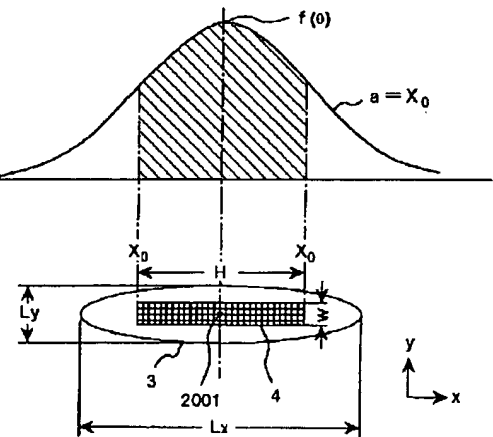
図 3 6



[Drawing 37]

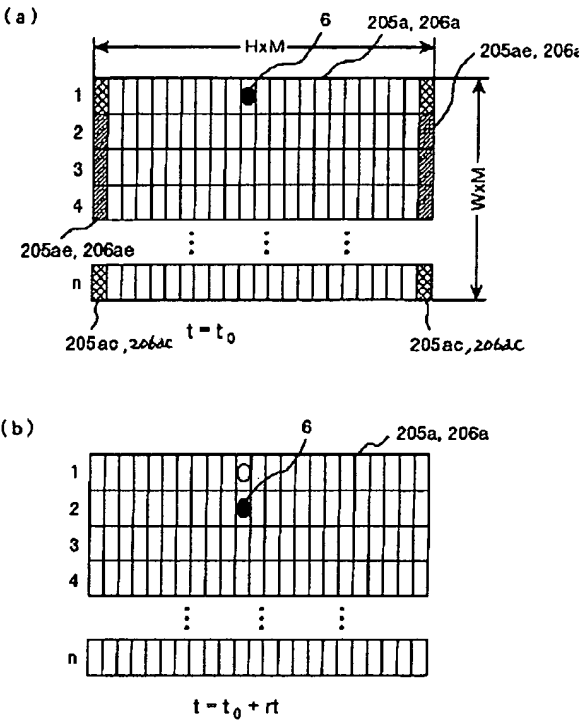
図 3 7

$$f(x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} x_0^2\right)$$



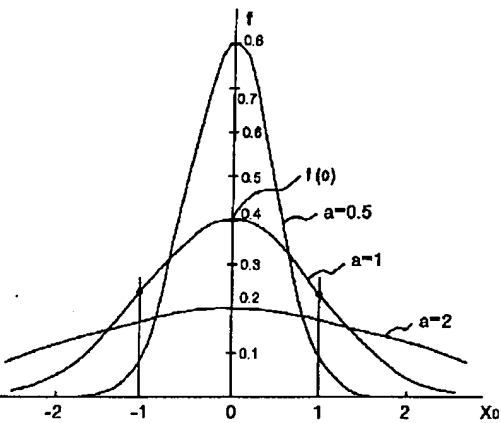
[Drawing 38]

図 38



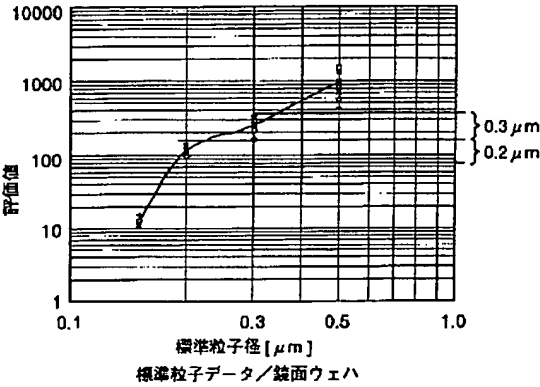
[Drawing 40]

図 40



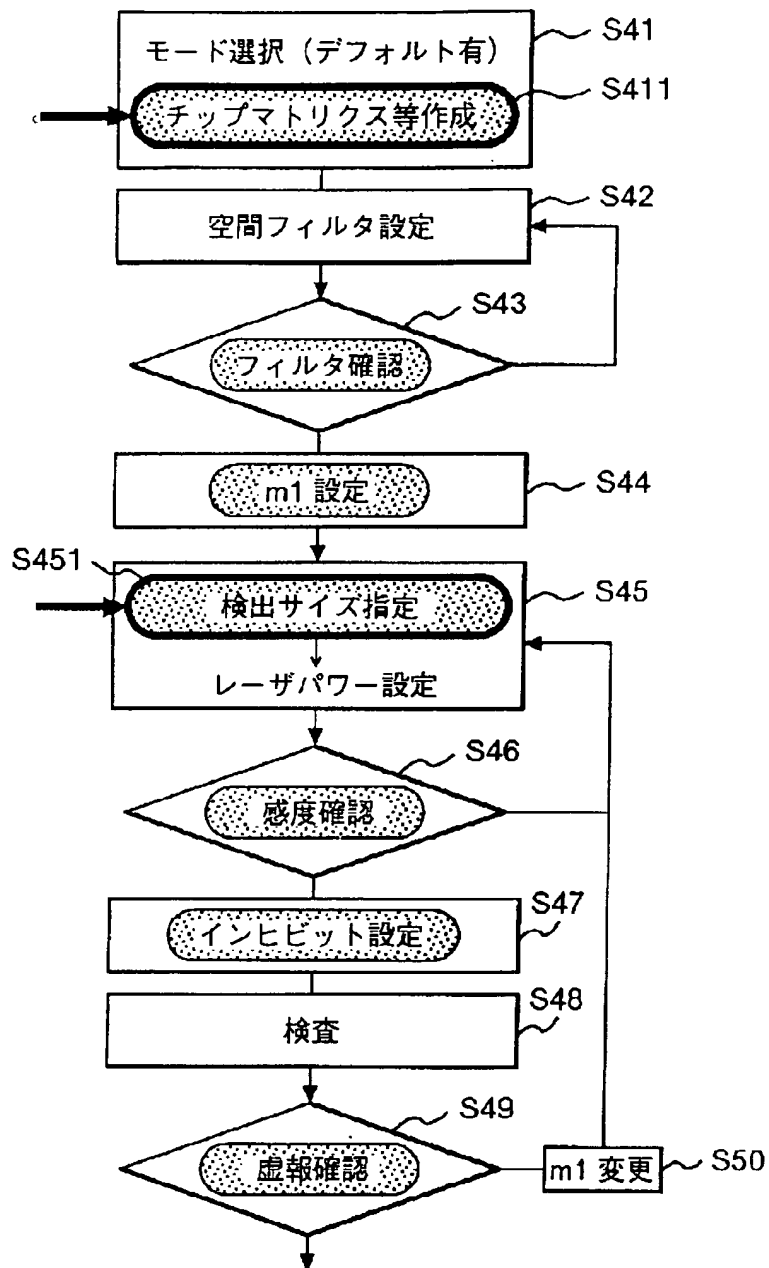
[Drawing 47]

図 47



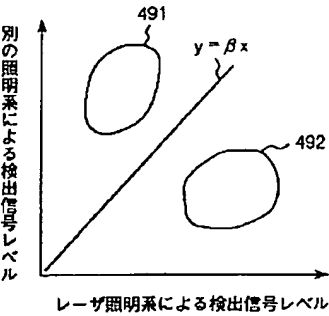
[Drawing 42]

図 4 2

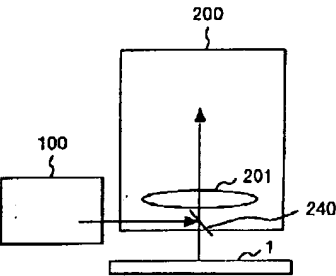


[Drawing 49]

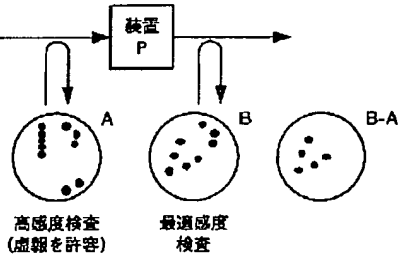
図 4 9



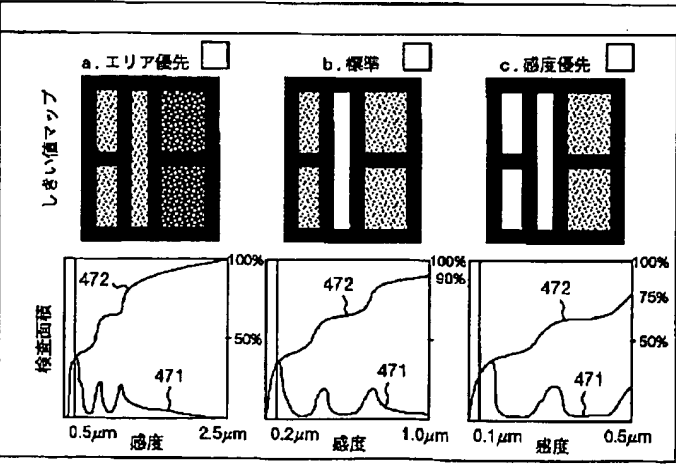
[Drawing 50]  
図 5 0



[Drawing 51]  
図 5 1

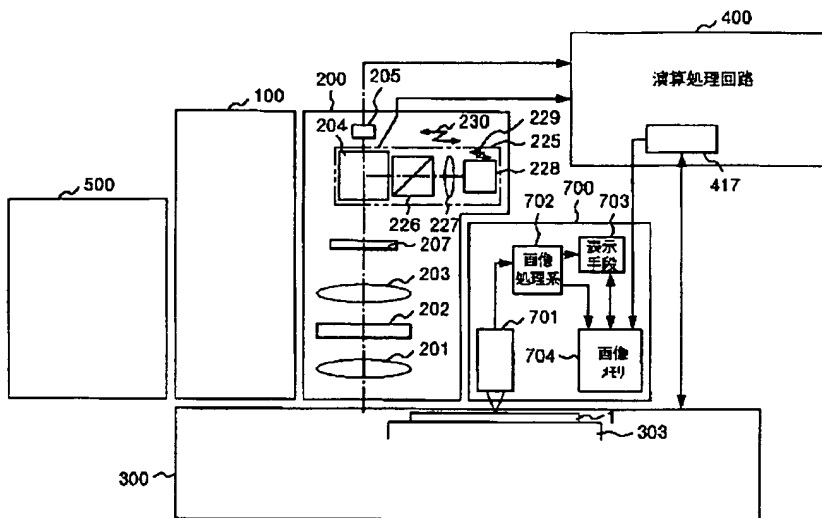


[Drawing 45]  
図 4 5



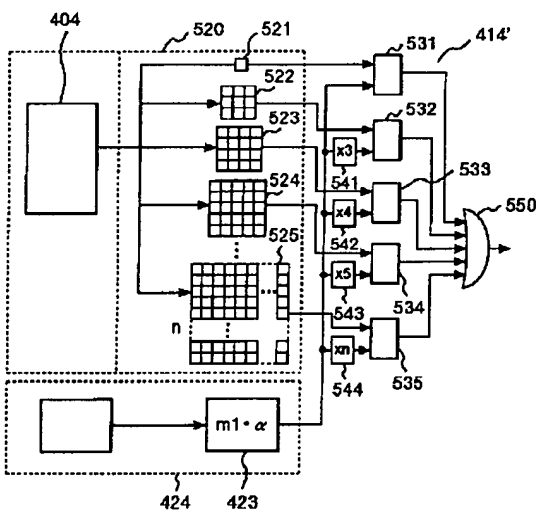
[Drawing 46]

図 4 6



[Drawing 52]

図 5 2



[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] As opposed to the substrate for inspected with which the circuit pattern was formed in the longitudinal direction in the slit-like beam which consists of parallel light mostly Have a predetermined inclination from [ of this substrate ] a normal, and it has a flat-surface top predetermined inclination to the main straight-line groups of said circuit pattern. The lighting process illuminated so that it may become a right angle mostly to the transit direction of the stage where a longitudinal direction makes it lay and run said substrate for inspected, The detection process which receives the reflective scattered light obtained from the defect of the foreign matter which exists on the substrate for inspected illuminated in this lighting process with image sensors, changes into a signal, and is detected, The defective inspection approach characterized by having the defective judging process in which the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the signal detected in this detection process is extracted.

[Claim 2] The defective inspection approach according to claim 1 characterized by the circuit pattern which exists on the substrate for inspected shading the diffracted-light pattern from a pattern with a spatial filter in said detection process repeatedly at least.

[Claim 3] The defective inspection approach according to claim 1 or 2 which makes it at a radical the signal acquired from the part in which the same circuit pattern was originally formed, or its near by said detection in said defective judging process, and is characterized by to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. from said detected signal based on the criterion which computes dispersion and is set up based on this computed dispersion.

[Claim 4] The defective inspection approach according to claim 1 or 2 characterized by extracting the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the criterion set up in said defective judging process for every various fields which constitute said circuit pattern to said detected signal.

[Claim 5] The defective inspection approach according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by the inclination on the flat surface over the main straight-line groups of the circuit pattern of a slit-like beam being about 45 degrees in said lighting process.

[Claim 6] The stage which makes it lay and run the substrate for inspected with which the circuit pattern was formed, The beam by which outgoing radiation is carried out from the light source is used as the slit-like beam which becomes a longitudinal direction from parallel light mostly. It has a predetermined inclination from [ of this substrate ] a normal to said substrate for inspected. The illumination-light study system illuminated so that it may have a flat-surface top predetermined inclination to the main straight-line groups of said circuit pattern and a longitudinal direction may become a right angle mostly to the transit direction of said stage, The detection optical system which receives the reflective scattered light obtained from the defect of the foreign matter which exists on the substrate for inspected with which the slit-like beam was illuminated with image sensors, changes into a signal, and is detected by this illumination-light study system, Defective test equipment characterized by having the image-processing section which extracts the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the signal detected from the image sensors of this detection optical system.



[Claim 7] Dispersion is computed by making it at a radical the signal acquired from the image sensors of said detection optical system by detection in said image-processing section from the part in which the same circuit pattern was originally formed, or its near. It is based on computed this dispersion. A criterion Defective test equipment according to claim 6 characterized by having an extract means to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. from the signal detected from the image sensors of said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up.

[Claim 8] Defective test equipment according to claim 6 characterized by having a means to extract the signal which shows the defect of a foreign matter etc. based on the criterion set up in said image-processing section for every various fields which constitute said circuit pattern to said detected signal.

[Claim 9] Defective test equipment according to claim 6 with which an optical axis is characterized by the almost perpendicular thing to the substrate for inspected in said detection optical system.

[Claim 10] Defective test equipment according to claim 6, 7, 8, or 9 characterized by the light source being a laser light source in said illumination-light study system.

[Claim 11] Claims 6 or 7 characterized by having the optical element which the configuration approximated to a conical surface extracts in said illumination-light study system, 8 or 9, or defective test equipment given in ten.

[Claim 12] Claim 6 characterized by having the optical system further illuminated in said illumination-light study system from the direction to which the white light was leaned to the normal, 7 or 8, 9 or 10, or defective test equipment given in 11.

[Claim 13] Claims 6 or 7 characterized by having a spatial filter in said detection optical system, 8 or 9, 10 or 11, or defective test equipment given in 12.

[Claim 14] Claim 6 characterized by constituting the image sensors in said detection optical system from a TDI sensor, 7 or 8, 9 or 10, 11 or 12, or defective test equipment given in 13.

[Claim 15] Claim 6 characterized by leaning an optical axis to the normal of the substrate for inspected in said detection optical system, 7 or 8, 9 or 10, 11 or 13, or defective test equipment given in 14.

[Claim 16] The illumination-light study system which illuminates light from a normal with a certain inclination to the front face of an inspected object, and has at least the optical element of the configuration approximated at the conical surface for [ in the front face of an inspected object ] extracting an illumination-light bundle to an one direction, Defective test equipment characterized by having received the light reflected from said inspected object with image sensors, and having the detection optical system which changes into a signal and is detected, and the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system.

[Claim 17] The illumination-light study system which illuminates light to the front face of an inspected object, It has the image sensors which consist of a current path which begins to pour the charge which exceeded this constant rate when a constant rate with a means to accumulate the produced charge, and the accumulated charge was exceeded, and a means which reads the charge with which the range to this constant rate was accumulated. Defective test equipment characterized by having the detection optical system which receives light with said image sensors, changes into a signal the light reflected from said inspected object, and detects it, and the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system.

[Claim 18] Defective test equipment according to claim 16 or 17 characterized by having two or more image sensors with which each reflected light bundle which branched by other strong branching optical system made in general into 1/100 and these branching optical system of one reflected light bundle receives the reinforcement of one reflected light bundle which branches and this branches the reflected light bundle from an inspected object in said detection optical system.

[Claim 19] It has two or more linear protection-from-light means installed almost in parallel so that the scattered light from the pattern formed in the illumination-light study system which illuminates light to the front face of an inspected object, and the front face of said inspected object might be shaded. The detection optical system which an optical axis has [ of the front face of said inspected object ] the inclination of a certain fixed include angle from a normal, receives the light reflected from said

inspected object with a photo-electric-conversion means, changes into a signal, and is detected, Defective test equipment characterized by having the image-processing section which processes the signal detected by this detection optical system.

[Claim 20] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Dispersion in a picture signal is computed about a correspondence pixel [ based on the picture signal detected from this detection optical system / structure / of the same configuration ], or the pixel of the near. It has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up the criterion of the signal level of the pixel which judges existence of the defect of a foreign matter etc. according to computed this dispersion. Defective test equipment characterized by having the image-processing section which processes said picture signal.

[Claim 21] Defective test equipment according to claim 20 characterized by having a setting means to set the scale factor of said criterion over dispersion in said picture signal to said image-processing section.

[Claim 22] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Dispersion in a value is computed. the difference of the picture signal about a pixel [ based on the picture signal detected from this detection optical system / structure / of the same configuration ] -- the difference which computes a value -- said difference in two or more pixels which carry out the neighborhood to the pixel which judges existence of the defect of a value calculation means, a foreign matter, etc. -- the difference computed with the value calculation means -- It has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system based on the criterion set up with the criterion setting means and this criterion setting means of setting up the criterion of the signal level of the pixel which judges existence of the defect of a foreign matter etc. according to computed this dispersion. Defective test equipment characterized by having the image-processing section which processes said picture signal.

[Claim 23] Claims 20 or 21 characterized by having an output means to output the inspection result of the defect judged with said judgment means, and the data corresponding to the criterion set up with said criterion setting means to said image-processing section, or defective test equipment given in 22.

[Claim 24] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system Defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display the map information or the image to the structure of the same configuration about the criterion judged.

[Claim 25] Defective test equipment according to claim 24 characterized by having a means by which said criterion can be set up, according to an area priority mode, a canonical mode, and a sensibility priority mode at said image-processing section.

[Claim 26] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system Defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display relation with the index about the inspection area corresponding to the criterion and it

which are judged.

[Claim 27] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, In the judgment means and this judgment means of judging existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from this detection optical system Defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a display means to display the sensitivity information over the structure of the same configuration corresponding to the criterion judged.

[Claim 28] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Based on the criterion set up by the criterion setting means and this criterion setting means of making a criterion corresponding to the condition of the substrate in the structure of said same configuration, changing it, and setting it up Defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system, and is processed to said picture signal.

[Claim 29] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Based on the criterion set up by the criterion setting means and this criterion setting means of setting up a criterion according to the size of the defect specified by assignment means to specify the size of a defect, and this assignment means Defective test equipment characterized by having the image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect to the picture signal detected from said detection optical system, and is processed to said picture signal.

[Claim 30] The illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, The detection optical system which receives the reflected light from an inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, Defective test equipment characterized by having the image-processing section processed to the picture signal which has the control system which controls the power of the illumination light illuminated by said illumination-light study system according to the size of the defect by which this assignment means was carried out to an assignment means to specify the size of a defect, and is detected from said detection optical system.

[Claim 31] The image pick-up optical system which has the detection optical system which is laid on a stage, receives the reflected light from the illumination-light study system which illuminates light to two or more front faces of the inspected object with which the structure of the same configuration was arranged mostly, and said inspected object with image sensors, changes into a picture signal, and is detected, The image-processing section which has a judgment means to judge existence of a defect based on a criterion to the picture signal detected from the detection optical system of this image pick-up optical system, Furthermore, defective test equipment characterized by having said image pick-up optical system and the installed optical observation microscope in order to observe the optical image on said inspected object.

[Claim 32] Defective test equipment according to claim 31 characterized by constituting said optical observation microscope from an ultraviolet optics observation microscope.

[Claim 33] The defective test equipment characterized by to have the image-processing section which has a means processes the signal which detected by the illumination-light study system which illuminates light to the front face of an inspected object, the detection optical system which receive the light which reflects from an inspected object with a photo-electric-conversion means, change into a signal, and detect, and this detection optical system, conducts defective inspection, and output this

defective inspection result including the pattern information in which a defect exists .

[Claim 34] Defective test equipment according to claim 33 with which pattern information outputted is characterized by being the information acquired from the design data of the structure in the means of said image-processing section.

[Claim 35] The illumination-light study system which illuminates light to the front face of an inspected object, and the detection optical system which receives the light reflected from an inspected object with a photo-electric-conversion means, changes into a signal, and is detected, Defective test equipment equipped with the image-processing section which has a means to process the signal detected by this detection optical system, to extract the signal level of a defect, to amend the signal level of this extracted defect so that the magnitude of a defect may be shown, and to output the signal level of this amended defect.

[Claim 36] Defective test equipment according to claim 35 characterized by performing amendment of the signal level of a defect based on the data of the reflection factor on lighting reinforcement or the front face of the structure in said means.

[Claim 37] As opposed to the detection-beam by which outgoing radiation is carried out from said light source as said slit-like beam flux of light in said illumination-light study system field on said substrate for inspected So that it may have the illumination distribution used as the Gaussian distribution which makes standard deviation mostly die length from the optical axis of this detection field to a periphery Claim 6 characterized by having the optical system which operates orthopedically and acquires the slit-like Gaussian beam flux of light, 7 or 8, 9 or 10, 11 or 12, 13 or 14, or defective test equipment given in 15.

[Claim 38] As opposed to the detection-beam by which outgoing radiation is carried out from said light source as said slit-like beam flux of light in said illumination-light study system field on said substrate for inspected So that the ratio of the illuminance of the periphery of a detection field to the illuminance of the core of this detection field may become 0.46 to about 0.73 Fit a path or major-axis die length to the die length between the peripheries centering on the optical axis of said detection field, and it operates orthopedically. Claim 6 characterized by having the optical system which acquires the slit-like Gaussian beam flux of light, 7 or 8, 9 or 10, 11 or 12, 13 or 14, or defective test equipment given in 15.

[Claim 39] Defective test equipment according to claim 37 or 38 with which the slit-like Gaussian beam flux of light illuminated by said illumination-light study system is characterized by being the DUV beam flux of light.

[Claim 40] Claims 37 or 38 characterized by constituting the image sensors in said detection optical system from TDI image sensors, or defective test equipment given in 39.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the semi-conductor wafer with which the memory LSI which is one example of the substrate for inspected concerning this invention is arranged.

[Drawing 2] It is drawing showing the semi-conductor wafer with which LSI, such as a microcomputer which are other examples of the substrate for inspected concerning this invention, is arranged.

[Drawing 3] It is the outline block diagram showing the gestalt of operation of the 1st of the defective test equipment concerning this invention.

[Drawing 4] It is the block block diagram showing the 2nd example of the image-processing section shown in drawing 3 .

[Drawing 5] It is drawing for explaining the approach and the detection approach of illuminating a slit-like beam on substrates for inspected, such as a semi-conductor wafer concerning this invention.

[Drawing 6] It is the perspective view showing an illumination-light bundle with a lighting lens with the cone curved surface concerning this invention.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the 1st example of the manufacture approach of a lighting lens with the cone curved surface concerning this invention.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the 2nd example of the manufacture approach of a lighting lens with the cone curved surface concerning this invention.

[Drawing 9] It is the side elevation seen from the direction of y which shows the illumination-light study system concerning this invention, and x directions.

[Drawing 10] It is the top view showing the optical system for illuminating a slit-like beam on substrates for inspected, such as a semi-conductor wafer, from three directions using one laser light source in the illumination-light study system concerning this invention.

[Drawing 11] It is the perspective view showing the lighting direction and the detection direction concerning this invention, and the diffracted light from the pattern by the lighting direction.

[Drawing 12] It is drawing showing relation with opening of the objective lens of the detection optical system when making perpendicular the generating situation and optical axis of a zero-order diffracted-light pattern when illuminating a slit-like beam from a direction 45 degrees to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing relation with opening of the objective lens of the detection optical system when making perpendicular the generating situation and optical axis of a zero-order diffracted-light pattern when illuminating a slit-like beam from an parallel direction to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing relation with the detection field which illuminates so that it may not cross, in case a slit-like beam is illuminated from a direction 45 different degrees to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention, and is detected by the TDI sensor.

[Drawing 15] It is the outline block diagram showing the gestalt of operation of the 2nd of the defective test equipment concerning this invention.

[Drawing 16] It is the graphical representation showing the relation between whenever [ from a foreign

matter / angle-of-emergence ], and detection signal strength.

[Drawing 17] When the optical axis of detection optical system is leaned, it is drawing showing the example at the time of leaning the light-receiving side of a TDI sensor according to this inclination.

[Drawing 18] When a different beam of the shape of 45 degrees to a slit to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention is illuminated, it is the projection drawing to the flat surface which shows the diffracted-light stripes produced from a repeat pattern.

[Drawing 19] It is the top view showing the physical relationship of the diffracted-light stripes from the repeat pattern in the Fourier transform side of detection optical system, these diffracted-light stripes, and spatial filter concerning this invention.

[Drawing 20] When the generating situation and optical axis of a zero-order diffracted-light pattern when illuminating a slit-like beam from a direction 45 degrees to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention are made perpendicular, it is drawing showing relation with opening of the objective lens of the detection optical system when leaning in the direction of y.

[Drawing 21] It is drawing showing the location of the generating situation of the zero-order diffracted-light pattern when illuminating a slit-like beam from an parallel direction to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention, and opening of the objective lens of the detection optical system into which this zero diffracted-light pattern does not enter.

[Drawing 22] It is drawing showing the example which a longitudinal direction turns the lighting direction from a direction 45 degrees to the main straight-line groups of the circuit pattern concerning this invention, and illuminates a slit-like beam.

[Drawing 23] When the beam of the shape of a slit shown in drawing 22 is illuminated, it is drawing showing the special TDI sensor to need.

[Drawing 24] It is the side elevation showing the interference model of the scattered light from the foreign matter which exists on insulator layers, such as an oxide film concerning this invention.

[Drawing 25] In order to detect the foreign matter which exists on insulator layers, such as an oxide film, it is drawing for explaining the example which detects the scattered light from [ from / two or more / detection ] a foreign matter.

[Drawing 26] It is drawing showing the relation of the thickness change and the detecting signal of insulator layers, such as an oxide film at the time of irradiating the relation of the thickness change and the detecting signal of insulator layers, such as an oxide film at the time of irradiating the illumination light of a certain wavelength, and the illumination light of three different wavelength.

[Drawing 27] They are drawing showing the relation of the wafer and pixel explaining computing and setting up the criterion (threshold) for extracting the defect of a foreign matter etc. in the image-processing section concerning this invention, and drawing showing the relation between a chip (it has various pattern spaces.) and a pixel.

[Drawing 28] It is the block diagram showing the 1st example of the image-processing section concerning this invention.

[Drawing 29] It is the block diagram showing the 3rd example of the image-processing section concerning this invention.

[Drawing 30] It is the block diagram showing the 4th example of the image-processing section concerning this invention.

[Drawing 31] It is the block diagram showing the 5th example of the image-processing section concerning this invention.

[Drawing 32] It is drawing showing the outline configuration of the production line of the semi-conductor with which defective test equipment, such as a foreign matter concerning this invention, was installed.

[Drawing 33] By increasing the foreign matter which can detect each defective test equipment in the production line of a semi-conductor, it is drawing for explaining that the system which has the engine performance high as total can be built.

[Drawing 34] It is drawing showing the yield at the time of mass-production starting, and transition of the number of defects.

[Drawing 35] It is drawing showing the outline configuration of the 4th of the gestalt of operation of the defective test equipment concerning this invention.

[Drawing 36] It is drawing showing concretely the configuration of one example of the illumination-light study system used for the gestalt of operation of the 4th of the defective test equipment shown in drawing 35 from the direction of y, and x directions.

[Drawing 37] It is drawing for explaining the basic thought which operates the slit-like Gaussian beam flux of light orthopedically, and aims at improvement in lighting effectiveness by the illumination-light study system.

[Drawing 38] It is drawing for explaining how receiving and picturizing the light figure of the detection field on the substrate for inspected at the time of using TDI image sensors as a detector.

[Drawing 39] When standard deviation sigma (it corresponds to the width of face of lighting) is changed in the Gaussian beam flux of light, it is drawing showing change of the illuminance  $f(x_0)$  in the periphery ( $x_0=1$ ) of a detection field.

[Drawing 40] When the Gaussian beam flux of light when making a standard deviation sigma 0.5, and 1 and 2 is irradiated, it is drawing showing change of the illuminance  $f(x_0)$  to the die length ( $x_0$ ) from the optical axis of a detection field.

[Drawing 41] It is drawing for explaining the example of the TDI image sensors which enabled it to receive DUV light.

[Drawing 42] It is drawing showing the example of the sequence of condition \*\*\*\* in the defective test equipment concerning this invention.

[Drawing 43] It is drawing showing the screen which performs condition broth mode selection displayed on the display means, and threshold prior selection.

[Drawing 44] It is drawing showing the screen which displayed detection sensitivity and detection area on the display means.

[Drawing 45] It is drawing showing the screen which displayed area priority, a criterion, the threshold map in sensibility priority, and the relation of the inspection area to sensibility on the display means.

[Drawing 46] In the defective test equipment concerning this invention, it is drawing showing the gestalt of the operation which equipped detection optical system with the optical system which observes the protection-from-light pattern of a spatial filter, and made the optical observation microscope it.

[Drawing 47] It is drawing showing the relation based on the experimental data of the standard particle diameter and evaluation value (detection signal level of the scattered light) on the mirror plane wafer concerning this invention.

[Drawing 48] It is drawing for explaining the example which presumes the size of a foreign matter from the detected picture signal.

[Drawing 49] It is drawing for explaining the example which can classify the class of defect from the detection signal level by the laser illumination system, and the detection signal level by another illumination system.

[Drawing 50] In the defective test equipment concerning this invention, it is the outline block diagram showing the illumination-light study system and detection optical system in the case of carrying out light field lighting of the beam flux of light using a detailed straight-line-like mirror.

[Drawing 51] It is drawing in which carrying out defective inspection by high sensitivity before processing with a certain process processor P, carrying out defective inspection with optimum sensitivity after this processing, and showing the logical difference (B-A).

[Drawing 52] In the defective test equipment concerning this invention, it is drawing showing the configuration which can carry out the defective judging even of the big foreign matter which had breadth from the minute foreign matter as a high S/N ratio is also.

[Description of Notations]

1 -- The substrate for inspected (wafer), 1a, 1b -- A semi-conductor wafer, 1aa -- Memory LSI 1ab -- A memory cell field, 1ac -- A circumference circuit field, 1ad -- Other fields, 1ba -- LSI, such as a microcomputer, 1bb -- A register group field, 1bc -- Memory section field, 1bd [ -- Slit-like beam (lighting field), ] -- A core-based-CPU section field, 1be -- An ON \*\*\*\* field, 2 -- A chip, 3 4 -- The

detection field of image sensors, such as a TDI sensor, 100 -- Illumination-light study system, 101 [ -- A lighting lens with a cone curved surface, ] -- A laser light source, 102 -- A concave lens, 103 -- A convex lens, 104 200 -- Detection optical system, 201 -- An objective lens (detection lens), 202 -- Spatial filter, 203 -- An image formation lens, 204 -- 205 A beam splitter, 206 -- 1-dimensional detectors, such as a TDI sensor, 207 [ -- Image formation optical system, ] -- An ND filter, 208 -- A polarizing element, 226 -- A mirror, 227 228 -- A TV camera, 240 -- A detailed straight-line-like mirror, 300 -- White illumination system, 400 -- A data-processing circuit (signal-processing system), 401 -- The A/D-conversion section, 402 -- Data memory, 403 -- difference -- a processing means (difference processing circuit) and a 403'-- absolute value -- difference -- a processing circuit -- 404 -- Data memory, 405 -- The maximum minimum removal circuit, 406 -- Square calculation circuit, 407 -- A calculation circuit, 408 -- A number count circuit, 409 -- Square sum calculation circuit, 410 -- A sum calculation circuit, 411 -- A counting circuit, 412 -- Upper limit criterion (forward side threshold) calculation circuit, 413 -- A minimum criterion (negative side threshold) calculation circuit, 414 and 415, 414' -- Comparator circuit, 417 -- CPU (output means), 419 -- A threshold map storing means, 421 -- Output means (display means), 422 -- A memory location controller, 423 -- A threshold calculation circuit, 424 -- Threshold setting circuit, 425 [ -- Network, ] -- An averaging circuit, 426 -- An input means, 427 -- Storage, 428 520, 521-525 -- An operator, 531-535 -- Comparator circuit, 541-544 [ -- Detection optical system, 602 / -- An image-processing system, 603 / -- A display means, 604 / -- An image memory, 610-612 / -- Test equipment, 613 / -- A data-analytic system, 1007 / -- Beam flux of light. ] -- A multiplication circuit, 550 -- An OR circuit, 600 -- An optical observation microscope, 601

---

[Translation done.]